

Technická univerzita v Liberci

Fakulta textilní

Obor N3106

Textilní materiálové inženýrství

Katedra textilních materiálů

Hodnocení „chlupatosti“ tkanin
Classification of „fabrics hairiness“

Bc. Iva Tichá

KTM - 534

Vedoucí práce: Prof. Ing. Jiří Militký, CSc

Konzultantka: Ing. Gabriela Krupincová

Počet textu: 44

Počet obrázků: 30

Počet tabulek: 6

Počet příloh: 5

ANOTACE

Vlastnosti povrchu patří mezi charakteristiky, pomocí kterých se hodnotí kvalita plošných textilií. Cílem této diplomové práce je: Prostudovat stávající stav poznání z hlediska hodnocení chlupatosti tkanin a navrhnout metodiku hodnocení této vlastnosti. Dále provést dílčí hodnocení chlupatosti tkanin u vybraných tkanin s cílem ověřit navrženou metodiku.

Teoreticko-rešeršní část se zabývá popisem dostupných metod pro hodnocení chlupatosti plošných textilií a definováním základních vlastností přízí a tkanin, které mají podstatný vliv na chlupatost plošných textilií. V experimentu je posuzována chlupatost tkanin v různých stádiích úprav. Tento experiment byl realizován pomocí obrazové analýzy NIS Elements a systému RCM.

KLÍČOVÁ SLOVA: RCM systém, chlupatost, tkanina, tkaní, úpravy

ANNOTATION

The properties of surface belong among the features whereby the quality of surface textiles is evaluated. The aims of this diploma thesis are to study the current state of knowledge in the field of fabrics hairiness and also to suggest an assessment methodology of this property. Moreover, in this thesis a component assessment of hairiness of selected textiles will be; performed with the aim of the verification of the suggested methodology.

Theoretical part of the thesis deals both with the description of available methods of hairiness assessment of surface textiles and with definition of basic properties of yarns and fabrics which have significant influence on the hairiness of surface textiles. Experimental section of the thesis evaluates the fabrics hairiness in various stages of adjustment. This experiment was carried out by means of pictorial analysis NIS Elements and RCM system.

KEY WORDS: RCM system, hairiness, fabric, weaving, adjustment

P r o h l á š e n í

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a zpracovala jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušila autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním diplomové práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové práce a prohlašuji, že **souhlasím** s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědoma toho, že užít svou diplomovou práci či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci, dne 8. ledna 2010

.....

Poděkování:

Děkuji touto cestou Prof. Ing. Jiřímu Militkému a Ing. Gabriele Krupincové za odborné vedení a rady při vypracování diplomové práce.

Zároveň bych chtěla poděkovat mé rodině za psychickou podporu v tomto období.

Obsah

Obsah	- 6 -
Použité symboly a zkratky	- 8 -
1. Úvod.....	- 9 -
2. Rešeršní část	- 10 -
2.1 Digital fibrograph 230 A	- 10 -
2.2 Přístroj T 690 firmy Zweigle.....	- 11 -
2.3 Měření chlupatosti počesaných textilií.....	- 12 -
2.4 ICI Pilling Box	- 13 -
2.5 Zweigle KG – 741	- 14 -
2.6 Optické měření chlupatosti	- 17 -
2.7 Přístroj na měření nerovností	- 18 -
2.8 Zařízení RCM systém	- 19 -
2.9 Vlastnosti ovlivňující chlupatost plošných textilií.....	- 22 -
2.9.1 Vlastnosti vláken	- 22 -
2.9.2 Vlastnosti přízí	- 22 -
2.9.3 Vlastnosti tvaru plošných textilií.....	- 24 -
3. Experimentální část.....	- 27 -
3.1 Charakteristika použitého materiálu	- 27 -
3.2 Popis vzorků.....	- 27 -
3.3 Průběh experimentu	- 28 -
1. Pořízení snímků vzorků tkanin rezných a upravených	- 29 -
2. Předzpracování v obrazové analýze.....	- 29 -
3. Vlastní zpracování	- 30 -
4. Výsledky a diskuze	- 37 -
5. Závěr	- 40 -
Použitá literatura	- 42 -
Seznam obrázků	- 44 -

Seznam Tabulek.....	- 45 -
Seznam Příloh	- 46 -
Příloha 1	I
Příloha 2	IV
Příloha 3	VIII
Příloha 4	XII

Použité symboly a zkratky

a_m	[ktex ^{2/3} m ⁻¹]	Phrixův zákrutový koeficient
Co		bavlna
d	[m]	průměr nitě
D	[cm ⁻¹]	dostava
D_o	[cm ⁻¹]	dostava osnovy
D_u	[cm ⁻¹]	dostava útku
G	[kgm ⁻²]	plošná hmotnost
l	[m]	délka vláken
l_o	[m]	délka nitě v úseku tkaniny l_{to}
l_u	[m]	délka nitě v úseku tkaniny l_{tu}
l_{to}	[m]	délka tkaniny ve směru osnovy
l_{tu}	[m]	délka tkaniny ve směru osnovy
m	[g]	hmotnost vláken
so	[1]	setkání osnovy
su	[1]	setkání útku
t	[tex]	jemnost vláken
T	[tex]	jemnost příze
T_o	[tex]	jemnost osnovy
T_u	[tex]	jemnost útku
V	[m ³]	souhrnný objem vláken
V_c	[m ³]	celkový objem útvaru
V_p	[1]	poróznost
α	[ktex ^{1/2} m ⁻¹]	Koechlinův zákrutový koeficient
μ	[1]	zaplnění
π		Ludolfovo číslo
ρ	[kgm ⁻³]	měrná hmotnost vlákenného materiálu
ρ_{vlk}	[kgm ⁻³]	měrná hmotnost vláken
ρ_v	[kgm ⁻³]	objemová měrná hmotnost
ψ	[1]	pórovitost

1. Úvod

Vlastnosti povrchu patří mezi charakteristiky, pomocí kterých se hodnotí kvalita plošných textilií. Zjišťují se subjektivně (pohledem, omakem), nebo objektivně pomocí měřicích zařízení. Mezi vlastnosti povrchu patří lesk, otěr, klouzavost, žmolkovitost, chlupatost apod. Chlupatost plošných textilií je parametr, který nebyl dosud plně specifikován. Prozatím není rozšířena žádná objektivní automatizovaná metoda, která by se hodnocením této charakteristiky zabývala. Nelze ji však zanedbávat, neboť do značné míry ovlivňuje vzhled plošných textilií.

Chlupatost plošných textilií zahrnujeme do kategorie vlastnosti povrchu, které jsou určující pro výsledné hodnocení kvality textilií. Tato diplomová práce se zabývá studii problému chlupatosti plošných textilií a způsobem, jakým se podílí na jakosti a vzhledu plošné textilie. Chlupatost plošných textilií lze vyjádřit prostřednictvím hustoty odstávajících vláken nebo úhrnné délky vláken na pozorované ploše textilie. Zjištění hodnot chlupatosti plošných textilií se může předejít neefektivnímu vzhledu textilií a tím docílit kvality oděvních výrobků.

Cílem této diplomové práce je: Prostudovat stávající stav poznání z hlediska hodnocení chlupatosti tkanin a navrhnout metodiku hodnocení této vlastnosti. Dále provést dílčí hodnocení chlupatosti tkanin u vybraných tkanin s cílem ověřit navrženou metodiku.

Teoreticko-rešeršní část se zabývá prostudováním dostupných metod pro hodnocení chlupatosti plošných textilií a charakterizováním základních vlastností přízí a tkanin, které mají podstatný vliv na chlupatost plošných textilií.

Experimentální část se zabývá porovnáním chlupatosti tkanin s různým stupněm technologického procesu. K experimentu byly použity stoprocentní bavlněné tkaniny v keprové vazbě. Každá tato tkanina byla střižena jak po osnově, tak po útku. K vypracování experimentální části byla použita obrazová analýza NIS Elements a systém RCM. K vyhodnocení získaných dat byl použit jazyk Matlab.

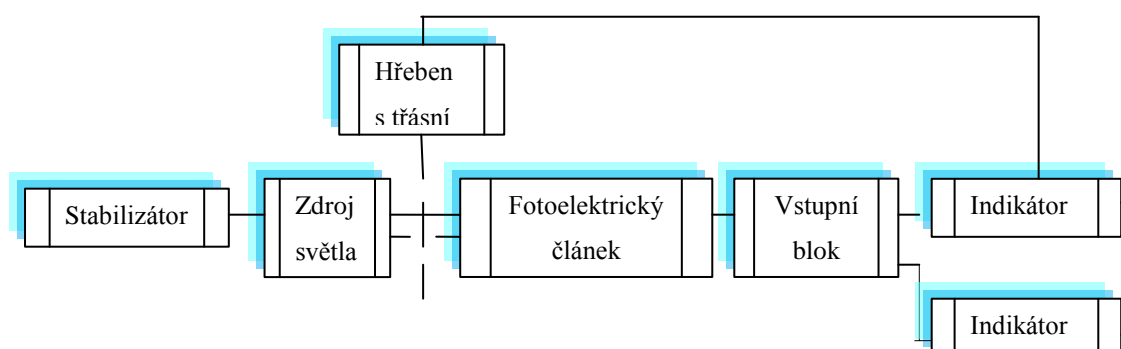
2. Rešeršní část

Chlupatost textilních plošných útvarů je vlastnost, která je částečně žádoucí a částečně nežádoucí. Je důležitým znakem kvality povrchu textilie. Pod pojmem chlupatost rozumíme vlákna a smyčky na povrchu plošné textilie (tkaniny, pleteniny, netkané textilie), které odstávají nebo jsou volně pohyblivé. Požehováním, počesáváním a broušením můžeme tuto chlupatost ovlivňovat.

Hodnocení povrchové chlupatosti plošné textilie v podstatě předpokládá určit hustotu vláken a rozložení délek vláken tvořící chlupatost. Chlupatost textilních plošných útvarů je prozatím stanovena subjektivními metodami, to ovšem vedlo k rozdílným a nepřesným závěrům. Vybrané metody jsou blíže specifikovány v následujícím textu.

2.1 Digital fibrograph 230 A

Je přístroj, který umožňuje rychlé vyhodnocování délky vláken bavlněné suroviny. Přístroj je rozdělen do dvou sekcí – měřicí a vyhodnocovací. Měření je založeno na principu pohltivosti světla při průchodu vlákenou třásní. Jádrem měřicí sekce je zdroj světla a světelný kanál s fotoelektrickým článkem. Světelné pole je omezeno štěrbinou. Hřeben s třásní je vkládán mezi světelný zdroj a štěrbinu. Pro zajištění konstantní intenzity záření světelného zdroje je napájecí napětí stabilizováno (stabilizátor). Snímaný signál je převeden do vstupního bloku vyhodnocovací sekce, kde je zesílen a zpracován. Výsledné veličiny jsou registrovány číslicovými indikátory. Na obrázku 2.1 je znázorněno blokové schéma přístroje [21].



Obr. 2.1 Blokové schéma [21]

Při studiu využití přístroje digital fibrograph 230 A byla ověřena vysoká rozlišovací schopnost zařízení. Podobnost vlákně třásně ve hřebenu s vyčesanou třásní na povrchu textilie přehnuté přes hranu, vedlo k návrhu využít tento přístroj pro hodnocení charakteru vlasu textilie [21].

Zařízení na měření vlasových textilií tvoří těleso ve tvaru obdélníkové desky, jejíž dvě rovnoběžné hrany jsou zakončeny břity. Na tomto tělese je shora upevněna úchytka ve tvaru upínacího válečku. Otočně uložený upínací váleček je opatřen po celé délce dvěma protilehlými podélnými zářezy, do kterých se zasunou konce zjišťované plošné textilie. Plošnou textilií tvoří nekonečný sešitý pás.

Paralelně s upínacím válečkem je umístěn vodící váleček. Zjišťovaná plošná textilie ve tvaru pásu se obtočí kolem tělesa přes oba břity. Jeden konec pásu se zavede pod vodící váleček a zasune se do horního podélného zářezu, dolní konec do dolního podélného zářezu na upínacím válečku. Natočením upínacího válečku se vzorek zjišťované plošné textilie vypne, takže v místě přeložení plošné textilie přes břity vzniknou dvě hrany plošné textilie. Potom se obě hrany v rovině plošné textilie vyčesou směrem ven, vyčesaný vlas tak vytvoří tráseň. Tráseň se zasune mezi světelné kanály, jimiž procházejí světelné paprsky a fotoelektricky se zjistí hustota a rozložení vlasu od hrany plošné textilie až ke konci nejdelšího vlasu. Z naměřených hodnot je možné sestavit graf závislosti hustoty vlasu na vzdálenosti od hrany plošné textilie a zjistit tak rozložení vlasu [21].

Princip měření spočívá v tom, že se vlasy na hraně textilie uvedou na zvoleném úseku do rovnoběžné polohy, např. přečesáním nebo urovnáním kartáčem. Polohu vlasu je možné zajistit přežehlením. Vyčesání se provádí v rovině plošné textilie, takže vyčesaný vlas tvoří tráseň. Potom se na tomto úseku postupně fotoelektricky zjistí hustota a rozložení vlasu od hrany textilie ke konci nejdelšího vlasu. Měří se absorpce světla procházejícího zjišťovaným vlasem a sleduje se její změna v závislosti na vzdálenosti od hrany textilie.

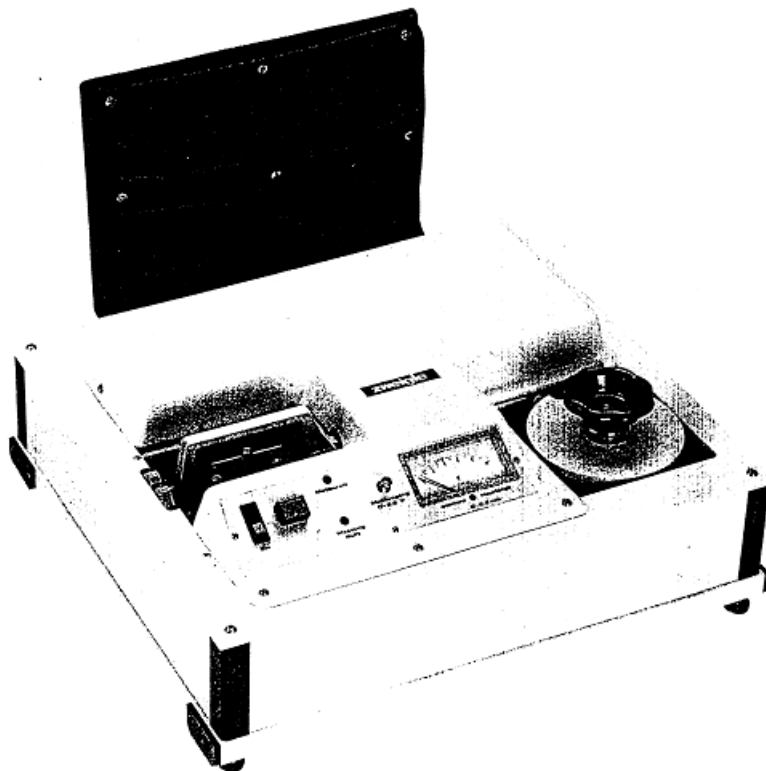
Výhodou uvedené metody je možnost vyhodnocování vlasového povrchu plošné textilie a určení průměrné délky vlasu. Dále lze číselně vyjádřit efekt počesání, posoudit kvalitu vlasového povrchu jedné skupiny výrobků (např. flanelů, barchetů) a nakonec také posoudit kvalitu vlasového povrchu mezi skupinami výrobků navzájem. Je možné rozlišit nestejnoměrné počesání po šířce textilie a tak zjistit nedokonalé podmínky při česání, vliv zákrutů na vyčesávání vlasů, souvislost s délkou vlasu apod. Způsob měření se dá použít pro plošné textilie vyrobené z jakéhokoliv materiálu, ale zejména pro plošné textilie s vlasovým povrchem [21].

2.2 Přístroj T 690 firmy Zweigle

Přístroj T 690 firmy Zweigle je určen pro měření chlupatosti plošných textilií (viz obr. 2.2). Určujícími veličinami jsou počet odstávajících vláken na jednotku plochy a kolmá vzdálenost délek vláken od roviny plošné textilie [21].

Základem přístroje je optický měřicí systém s elektronickým vyhodnocováním. Kruhový zkušební materiál je upnut na nosiči a umístěn v pohyblivém zařízení měřícího přístroje. Speciální optika se světelným zdrojem ukazuje osvětlení “tmavé pole”, kde každé vlákno vykazuje odlišný rozptyl světla. Toto světlo je pomocí velkého počtu

diod převedeno na elektrický signál a ten je přiváděn do počítače. Počítač vyhodnocuje signály a na základě každého měření vypočítá střední hodnoty. Jednotlivé naměřené hodnoty i střední hodnoty jsou zaznamenány prostřednictvím zapisovače [21].



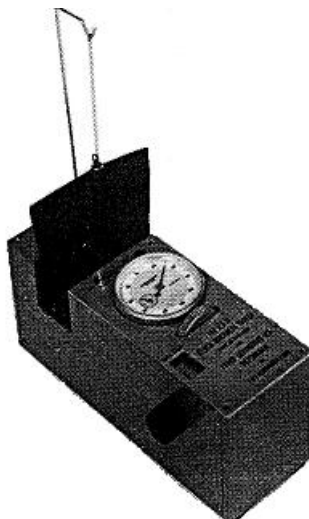
Obr. 2.2 Přístroj T 690 firmy Zweigle [21]

2.3 Měření chlupatosti počesaných textilií

Chlupatost povrchu u počesaných textilií závisí na hustotě vyčesaných vlasů, výšce vlasového povrchu, jemnosti jednotlivých vláken a použitém materiálu.

Přístroj ke stanovení tloušťky textilií

Anglická firma Thorn Automation v Nottinghamu vyrábí přenosný přístroj k přesnému měření tloušťky stlačitelných textilií (viz obr. 2.3). Toto zařízení je také vhodné pro vlasové textilie. Vzorek měřené textilie se zavěsí na kladku kolmo mezi čidlo a přítlačnou plochu. Rozměr vzorku je 50 mm^2 . Maximální měřitelná tloušťka je 10 mm. Přístroj pracuje s přesností stupnice od 0,1 mm až 1 mm. Jelikož je možné přítlak měnit, je zařízení vhodné pro obtížně měřitelné materiály [21].



Obr. 2.3 Přenosný přístroj firmy Thorn

Metoda měření tloušťky spočívá v tom, že se měří tloušťka tkaniny před česáním a po něm, při poměrně nízkém tlaku. Závadou je, že se různé druhy vláken chovají různě při stlačování, takže se nedají porovnávat vlasy různých druhů vláken [21].

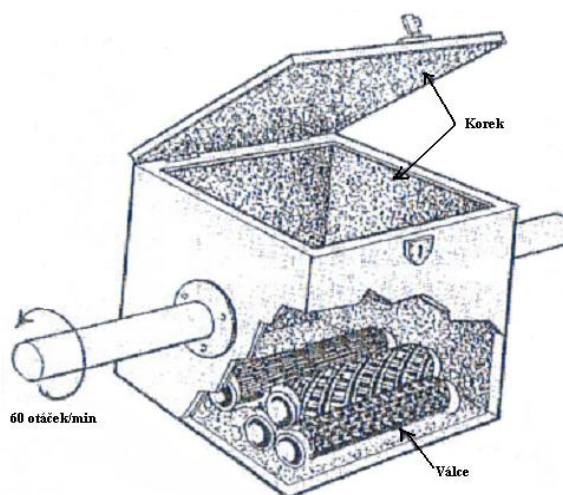
Metoda zjišťování váhy vyčesaných vlasů spočívá v odstranění vlasu z povrchu tkaniny postříhovacím strojkem. Rozdíl mezi plošnou váhou tkaniny před odstříhem a po něm udává váhu vlasu. Metoda stanovuje pouze váhu vlasu, nikoliv jeho charakter, neboť dlouhý a řídký vlas dává stejné výsledky jako krátký a hustý [12].

Metoda měření odporu proudícího vzduchu, který je způsoben vlasem. Těsně nad povrchem vzorku počesané textilie je veden ustálený velmi slabý vzduchový proud, který prochází vyčesanými vlasy. Odpor je měřen mikronanometrem. Výhodou tohoto přístroje je, že může měřit stupeň vyčesání i na pohybující se tkanině [21].

2.4 ICI Pilling Box

ICI Pilling Box je zkušební standardní přístroj, který se nejvíce používá pro úplety či jemně tkané textilie (viz obr. 2.4). Testování na tomto přístroji se řídí dle základní normy ISO 12945-1:2000 a British Standard BS581 1-1986.

Přístroj ve tvaru krychle s korkovým vnitřkem má ve svém středu odírací válec. Čtyři zkoušené vzorky se upevní na polyuretanovou trubku. Odírací válec se otáčí rychlostí 60 otáček/min okolo vodorovné osy. Po skončení testu se vzorky porovnávají s přiloženými etalony s fotografiemi. Standardní test trvá 2 – 4 hodiny [20].



Obr. 2.4 ICI Pilling Box [20]

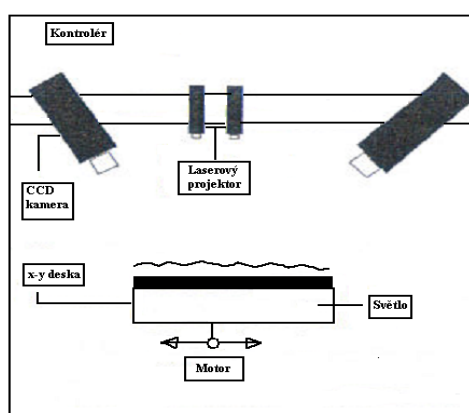
2.5 Zweigle KG – 741

K testování na tomto přístroji se používá automatická metoda založená na obrazové analýze pro vyhodnocování chlupatosti (žmolkování) tkaniny. Plnoautomatický způsob pro vyhodnocení chlupatosti (žmolkování) v opotřebení a trhu tkaniny, byl používán z analýzy obrazů ze souboru standardních fotografií Zweigle KG-741 Reutlingen. Vypočítá se celková rozloha chlupatosti (žmolkování) u zkoumaného vzorku a přiřadí se stupeň žmolkování (chlupatosti) dle standardu. Tyto popisy jsou analyzovány v souladu s normami, které stanoví základní standardní obrazy, pomocí vizuálních odhadů oblastí chlupatosti (žmolkování), které provádí skupina pozorovatelů [12].

Konda ve své studii používal paralelní paprsek, pro zlepšení kontrastu obrazu. Je-li úhel dopadu světla menší než 85° , pak jsou díky jas povrch látky i chlupy (žmolky) v jedné rovině. Z tohoto důvodu jde špatně rozlišit, co je chlup (žmolek) a co povrch tkaniny [18]. Na druhé straně, když bude úhel dopadu zvýšen téměř na 90° , značně se změní velikost i tvar chlupů (žmolků). Procházející světlo nepronikne hluboko do struktury látky, čímž je umožněno vystoupení chlupů (žmolků) z povrchu tkaniny. Pro správné rozpoznání chlupu (žmolku) byl zvolen úhel dopadu 88° [20].

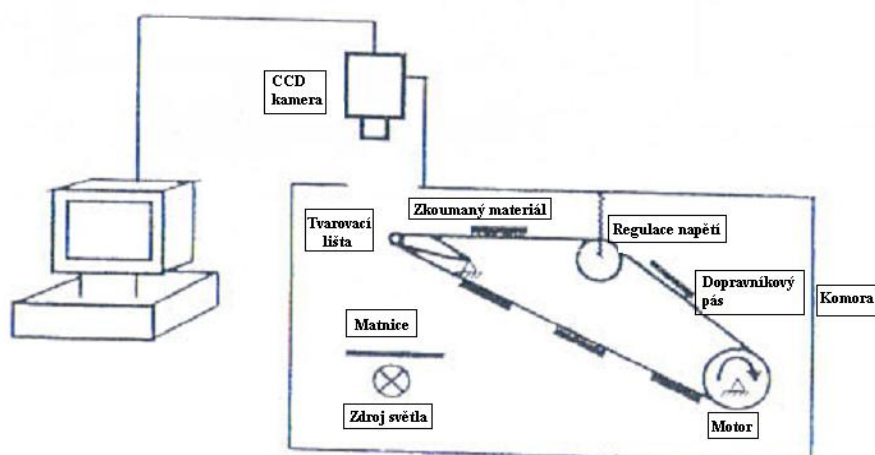
Ve dvou studiích zabývajících se laserem, byl laserový paprsek o průměru $25\ \mu\text{m}$ směřován do bodu na povrch zkoumané tkaniny. Lze zjistit vzdálenost mezi bodem a detektorem, který je citlivý na světlo. Tkanina je transportována pomocí desky pohybující se ve směru osy X a Y tak, že profil povrchu jakékoliv tkaniny se získá jejím skenováním na různých místech. Nicméně je to mnohem pomalejší postup než s kamerou zachycující obrazy chlupů (žmolků) [20].

Pro rychlé změření plochy povrchu látky, bez ohledu na barvu nebo vzor tkaniny, se v další studii používal laserový paprsek projektoru a CCD kamera. Tkanina byla transportována na desku pohybující se jen ve směru osy X . Laserový paprsek je kolmý na pohybující se směr. Nejsou-li CCD kamera a laserový projektor rovnoběžné a není-li povrch vzorku rovný, tak se tvar laserového paprsku zachyceného CCD kamerou neprojeví jako přímka. Bod posunutí je definován pro každou řadu zachyceného obrazu, jako vzdálenost mezi původní přímkou a posunutou linií způsobenou plošnou drsností. Lineární rovnice se stanovuje mezi bodem posunutí a skutečnou výškou z regresního koeficientu na hodnotě 0,99. Přidáním dalšího laserového projektoru a CCD kamery (3D stereoskopický systém) se získá pozice chlupů (žmolků) z xyz souřadnic (viz obr. 2.5) [20].



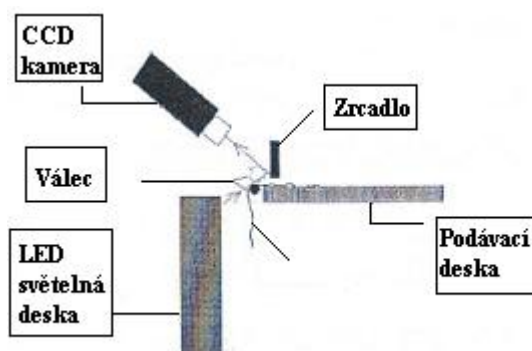
Obr. 2.5 3D stereoskopický systém [20]

V pokusech prováděných Chenem a Huangem byly vzorky tkanin upevněny na **dopravní pás** (viz obr. 2.6). Světlo vycházelo ze světelného zdroje umístěného pod tvarovací lištou. Jakmile tkanina dorazila na okraj tvarovací lišty, byl následně zachycen obraz profilu povrchu chlupu (žmolku) CCD kamerou umístěnou nad tvarovací lištou. Získává se 400 obrazů. Každý obraz se nejprve předělá z Laplaceova do Gausova operátora. Odhalením všech bodů počátečního průsečíku získáme obraz, díky němuž nalezneme okraj linie. Integrováním všech hran profilu se vynese 3D profil povrchu tkaniny. Odpovídající 2D šedý obraz se může vytvořit převrácením vyšších hodnot matice povrchu, vznikem stupnice šedi [20].



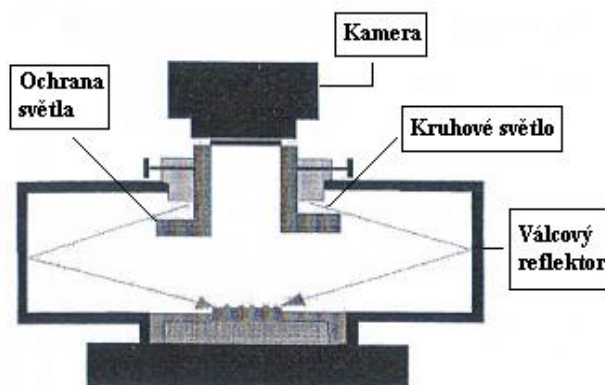
Obr. 2.6 Schéma přístroje s dopravním pásem [20]

Nově vyvinutý **Pillgrade®** (viz obr. 2.7) třídící systém pracuje s vysokým rozlišením pixelu monochromatické CCD kamery a „LED světelné desky“. Dva válečky uchopí přední hranu vzorku a v kombinaci s „LED světelnou deskou“, zrcadlem, objektivem a filtrem se získá vymezení okraje látky náhradního rozlišení (viz obr. 7) [20].



Obr. 2.7 Schéma Pillgrade® [20]

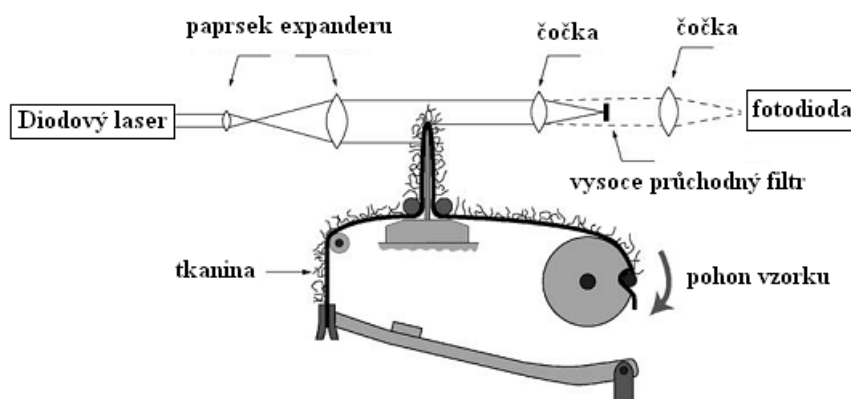
Latifi popsal **válcový osvětlovací systém**, který kontrolním úhlem dopadajícího světla mezi 4 a 10° osvětlí jen objekty zvednuté z povrchu tkaniny (viz obr. 2.8). Další výhodou je neměnná pozice vzorku. Na rozdíl od bočního osvětlení tato metoda změřit kompletnější oblast chlupů (žmolků), což je důležité pro přiřazení žmolkovacího stupně. Nicméně, je třeba stále řešit, jak kontrolovat náhodný úhel světla pro získání nejlepšího segmentačního zobrazení z různých tkanin [20].



Obr. 2.8 Schéma přístroje s válcovým osvětlením [20]

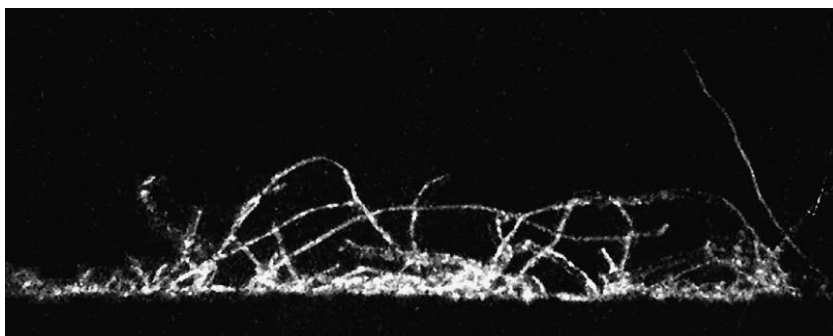
2.6 Optické měření chlupatosti

Při pohledu na textilní tkaninu, kdy je světelný paprsek souběžný s tkaninou a dotýká se v jednom bodě na vrcholku v přehybu, lze pozorovat strukturu (vazbu) textilie a chlupatost. Proto se musí oddělit struktura a chlupatost. Ve skutečnosti jsou některé chlupy menší než 0,1mm, ale jsou významné vzhledem k tribologickému chování. Přístroj pro měření chlupatosti je zhotoven ze dvou částí: z pohonu vzorku a optické soustavy (Obr. 2.9).



Obr. 2.9 Schéma optického přístroje pro měření chlupatosti [5]

Kruhový vzorek je přitisknutý dvěma stranami. Pohybuje se na svislé zkosené kovové desce, tak, že je osvětlená chlupatost a je změřitelná optickou soustavou. Tato soustava obsahuje diodový laser. Na přední stranu látky dopadá na 2 cm rozšířený paprsek díky expanderu, kde je po rozdělení 1 cm pohlcen. Obraz vláken se získá osvětlením látky paprskem. Použití vysokého průchodu filtrem v zadní ohniskové rovině umožňuje odstranění přímo komponentu z obrazu, který odpovídá struktuře látky. Informace o chlupatosti je směřována na fotodiodu (Obr 2.10).



Obr 2.10 Informace o okamžité chlupatosti

Signál úměrný k množství chlupů, Q (oblast projekce chlupu na fotodiodu),

$$Q = \sum_{i=1}^n a_i = nA = nLcnL, \quad (1)$$

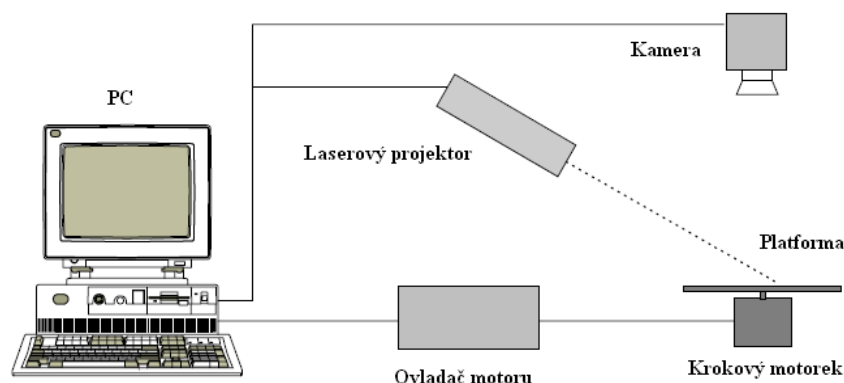
kde a_i je oblast zkoumání z I_{th} chlupů, n je počet chlupů, A je plánovaná průměrná oblast chlupů, w je průměrná šíře projektovaných chlupů a L je průměrná vzdálenost chlupů.

Vzorek se pohybuje 1 mm/s na svislém zkoseném kovovém plechu po dobu 30 s. Vzhledem k šířce paprsku 10 mm, je linie tkaniny zkoumána v každém momentu. Testovaná oblast tkaniny je obdélníková (10 mm široký a 30 mm dlouhý). Celkem je proměřeno 300 mm² tkaniny. Používaným parametrem je průměrná světelná energie, tj. průměrný signál z fotodiody během měření [5].

2.7 Přístroj na měření nerovností

Triangulace je technika, která používá vzdálenost mezi vysoce strukturovaným zdrojem světla, snímacím prvkem a úhlem odrazu. Takto lze změřit hloubku povrchu. Přístroj na měření nerovností povrchu byl vyvinut pro vyhodnocení hladkosti tkaniny použitím laserové triangulační techniky. Skládá se z hlavních čtyř částí: rotační platformy, laserového světelného zdroje, CCD videokamerou a počítače (Obr 2.11). Rotační platforma, poháněná krokovým motorem se skládá z rovny plochy, nad kterou se vzorek umístí. Laserový zdroj projektuje jediný proužek světla na vzorek tkaniny, který se spustí pulzním signálem. CCD videokamera je připojena k PC pomocí rámu. Motorek zastaví v libovolném úhlu, aby kamera mohla zachytit obraz vzorku, který je řízen pomocí PC. Přizpůsobený software byl vyvinut tak, aby získal data z každého obrazu pro měření drsnosti povrchu a další charakteristiky (jako např. chlupatost). Protože tato metoda měření vlastností mačkovitosti dle plánované linie, je považována za důležitou, měření se provádí v různých místech vzorku, aby se získaly platné výsledky. Někteří tvůrci udělali to, že projektovaly více paralelních linií přes vzorek. Pro tento výzkum, bylo rozhodnuto projektovat jednu linii a pak vzorek otáčet a provádět měření v různých úhlech. Odůvodnění tohoto postupu bylo, že tkaniny jsou někdy vrásčité. V takových

případech by měření prováděné jen v jednom směru vedlo ke zkreslení výsledků. Proto se získávaly výsledky z měření z různých úhlů. Průměrováním výsledků se dosáhne lepších výsledků pro popis hladkosti bez ohledu na mačkovost (zvrásnění). Laserová triangulace je účinný způsob jak získat podrobné informace z 2-D obrazu [3].

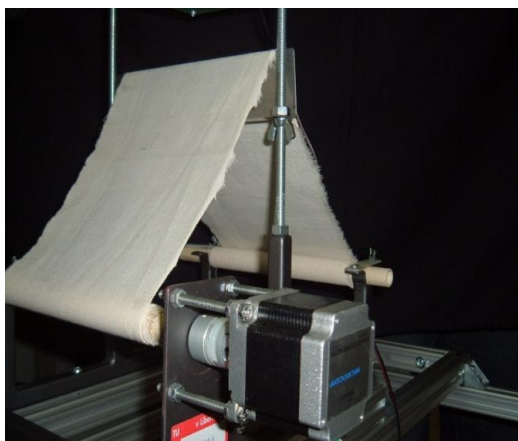


Obr 2.11 Přístroj na měření nerovností [3]

2.8 Zařízení RCM systém

RCM systém představuje bezkontaktní systém pro měření povrchových charakteristik textilních útvarů. Systém je založen na propojení a synchronizaci několika přístrojů, které jsou centrálně napojené a ovládané jedním řídicím počítačem. Přínosem systému je jeho velká variabilita a možnost přizpůsobit měření jednotlivým cílovým požadavkům a typům materiálů. Další nespornou výhodou je jeho vysoká efektivnost. Na jednom systému lze změřit a popsat všechny dostupné povrchové parametry, provést jejich vyhodnocení a zároveň vytvořit doprovodnou obrazovou dokumentaci.

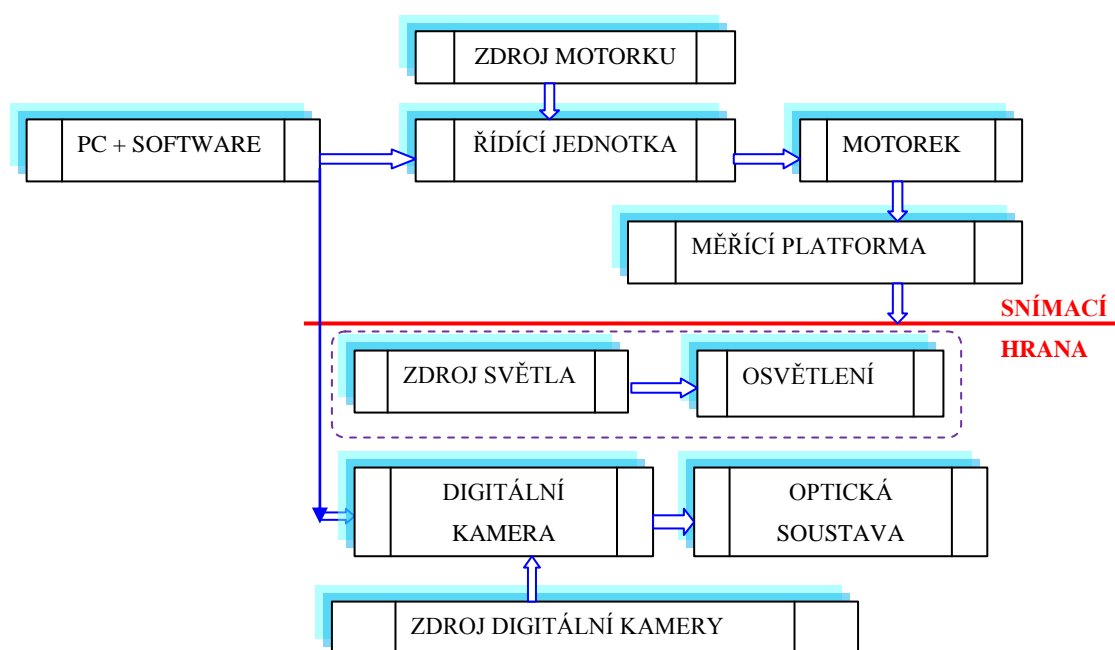
Samotné měření probíhá tak, že zkoumaný materiál je pomocí rolovacího zařízení, které je umístěno na měřicí platformě a je poháněn krokovým motorkem, převíjen přes ostrou hranu, kde dochází ke zvýraznění typických rysů a parametrů textilie (viz obr. 2.12). Materiál je na této hraně snímán pomocí optické soustavy s digitální kamerou, která je propojená s počítačem. Výsledkem je obraz povrchu. Osvětlení hrany je zajištěno osvětlením umístěným nad měřicí hranou (viz obr. 2.13). Osvětlení je napájeno z regulovatelného zdroje. Posuv měřeného vzorku pomocí krokového motorku je řízen z počítače. Počítačem lze ovládat pohyb motorku a snímací parametry kamery. Výsledný obraz je přenášen a prezentován v programu, který umožňuje jeho zpracování, vyhodnocení a uložení. Výsledkem je pak rekonstrukce celé povrchové plochy. Jednoduché schéma RCM systému s reálnou provázaností je na obr. 2.14 [2,6,8].



Obr. 2.12 Rolovací zařízení



Obr. 2.13 Osvětlení hrany [2]



Obr. 2.14 Jednoduché schéma RCM systému [2]

Obrazová analýza převádí požadovaný obraz do počítače, kde jej dále zpracovává daný software. Dále umožňuje nahrazení subjektivního posuzování obrazů pomocí objektivních charakteristik. Ke zpracování je možné využít intenzivní složku barevného obrazu. Obrazová analýza NIS Elements rozeznává základní typy obrazů – barevný, šedo-tónový a binární.

Pixel - picture element je tedy základní prvek či bod digitálního obrazu. Lze říci, že pixel na digitálním obrázku je prostě bod, z něhož se samotný obrázek skládá.

Kalibrace je převedení skutečných rozměrů daného objektu zkoumání na pixely. To znamená přiřazení měřeným objektům reálný rozměr.

Barevný obraz se skládá ze tří samostatných spektrálních složek – červená, modrá a zelená. Smícháním složek vzniká barevný obraz. Každá složka se digitalizuje, přenáší a případně zpracovává počítačem samostatně.

Šedo-tónové obrazy jsou obrazy odvozené. Hodnoty obrazových bodů - pixelů se mění od 0 do 255, jsou však stejné pro všechny tři složky v každém obrazovém bodu. Šedé obrazy nejsou systému NIS ELEMENTS vlastní, ale systém je vytváří několika transformacemi, například separací složek z RGB reprezentace. RGB je aditivní systém barev. Viditelné spektrum barev lze realizovat kombinací intenzity a vzájemných poměrů červeného (R), zeleného (G) a modrého (B) světla.

Binární obraz: Binárním obrazem nazýváme takový obraz, v němž obrazová funkce v každém bodě (pixelu) nabývá jedné ze dvou možných hodnot (v pixelech náležících objektům např. obrazová funkce nabývá hodnotu 1, pozadí nabývá hodnotu 0). Jsou většinou produktem segmentace obrazů.

2.9 Vlastnosti ovlivňující chlupatost plošných textilií

Textilie slouží člověku od narození po celý život. První místo mezi textilními materiály si stále udržují přírodní vlákna a to proto, že nejlépe splňují estetické, fyziologické a zdravotní požadavky. Přírodní materiály jsou s člověkem v harmonickém souladu a působí na něj tím nejpríznivějším způsobem. Tkaniny jsou plošné textilie, vyrobené ze dvou nebo více soustav nití, které jsou většinou v kolmém směru vzájemně provázány.

Vlastnosti plošných textilií jsou ovlivňovány a vytvářeny již vlastnostmi vláken a délkových textilií. Proto i problém vzniku chlupatosti plošných textilií musíme hledat u vláken a přízí z těchto vláken vyrobených. V této práci definuji ty vlastnosti vláken, přízí a plošných textilií, které se podílejí na vzniku chlupatosti plošných textilií [16].

2.9.1 Vlastnosti vláken

Každá vlastnost vláken je odrazem jeho struktury. Mezi jednotlivými parametry jsou vztahy a zákony, které lze výrobou ovlivnit a regulovat. Tím se získají požadované vlastnosti pro jejich další zpracování. Geometrické vlastnosti vláken zahrnují příčné rozměry vláken, průřez, délku v napřímeném i nenapřímeném stavu aj. V této části práce definuje především délku vlákna, délkovou hmotnost (jemnost). Tyto vlastnosti mají určitý podíl na výsledné chlupatosti [16].

Délka vláken l je velmi důležitá pro další zpracování délkových textilií (pramen, přást, příze). Kolísání délek přírodních vláken má vliv na směsování s vlákny chemickými. Čím jsou použita vlákna pro výrobu přízí delší, tím je snížen výskyt chlupatosti při dalším zpracování těchto přízí. Dále má tato vlastnost vliv na migraci vláken v přízi. Bylo prokázáno, že dlouhá vlákna mají sklon setrvávat uprostřed příze, zatímco krátká vlákna migrují na povrch [16].

Jemnost vláken je důležitou geometrickou vlastností vláken. Charakterizuje se délkovou hmotností. Vyjadřuje vztah mezi hmotností délkové textilie a její délkou. Také jemnost má vliv na chlupatost přízí [6]. Jemnost stejně jako délka způsobuje migraci vláken. Jemnost vláken lze vyjádřit:

Délková hmotnost vyjadřuje hmotnost vlákna určité délky. Základní vzorec pro hmotnostní vyjádření je:

$$t = m/l, \quad (2)$$

kde m [g] je hmotnost vlákna a l [km] je délka vlákna.

2.9.2 Vlastnosti přízí

Protože tato práce je zaměřená na hodnocení chlupatosti tkanin, je zaměřena na vlastnosti přízí, které mají s chlupatostí tkanin určitou souvislost. Do vlastností přízí patří délková hmotnost (jemnost – vysvětlena výše), průměr, zákrut, zaplnění, porózita, setkání, chlupatost [16].

Jemnost příze se vyjadřuje hmotností připadající na jednotku délky příze. Lze ji vyjádřit vztahem:

$$T = m/l = S\rho_p = (\pi d^2/4)\rho_p = (\pi d^2/4)\rho_v\mu, \quad (3)$$

kde S je souhrnná plocha vláken v příčném řezu přízi, d je průměr příze, ρ je měrná hmotnost a μ je zaplnění.

Zákrut vyjadřuje počet otáček na určitou délku, které příze získává při zakrucování. Stupeň stoupání zákrutu se udává počtem ovinů na jednotku délky. Zákrut má dvě funkce. Drží vlákenný útvar pohromadě a na základě vzniklých třecích sil mezi jednotlivými vlákny dává přízím mechanické vlastnosti (pevnost, pružnost, ohebnost apod.). Zvýšením zákrutu jsou vlákna v přízi lépe upevněny, tím je částečně znemožněn jejich výstup na povrch. Hodnota chlupatosti příze je do určité míry snížena. Podle směru zakrucování označujeme zákrut pravý (Z) a levý (S). Zakrucováním se rozumí vzájemné natáčení kolem podélné osy produktu. Směr točení je po celém produktu stejný. Pro výpočet se používá konstanta (součinitel zákrutu) α [ktex^{1/2} m⁻¹] – Koechlinův zákrutový koeficient, nebo a_m [ktex^{2/3} m⁻¹] – Prixův zákrutový koeficient [4,6,11].

$$\text{Prix} \quad a_m = ZT^{2/3}, \quad (4a)$$

$$\text{Koechlin} \quad \alpha = ZT^{1/2}. \quad (4b)$$

Zaplnění je veličina vyjadřující podíl z celkového prostoru útvaru zaplněného objemem vláken. Lze definovat zaplnění objemové či plošné. Pak je tedy zaplnění dáno tvarem:

$$\text{objemové} \quad \mu = V/V_C, \quad (5a)$$

$$\text{plošné} \quad \mu = S/S_C. \quad (5b)$$

kde V je souhrnný objem vlákna obsaženého ve vlákenném útvaru a V_C je celkový objem útvaru, S substanční plocha průřezu, S_C celková plocha řezu útwarem. Zaplnění je vyjádřeno bezrozměrnou veličinou nacházející se v rozmezí daného intervalem $<0;1>$ [4].

Porózita určuje, kolik z celkového objemu zaplňuje v přízi vzduch (vzduchové póry). V podstatě se jedná o veličinu, která by se dala určit ze zaplnění a to jako $1-\mu$. Za užití objemu by se dala vypočítat následovně:

$$V_p = V_C(1-\mu) \Rightarrow V = (1-\mu)/\mu \Rightarrow (1-\mu)/(g\mu), \quad (6)$$

kde V_C je celkový objem útvaru, V je souhrnný objem vlákna obsaženého ve vlákenném útvaru a μ je zaplnění.

Průměr příze. Jednoznačná definice pro průměr příze neexistuje. Většinou se vychází z předpokladu, že příze má tvar válce. U příze se kromě jejího vlastního průměru d , který se dá zjistit klasickou metodou (tj. změřením) pomocí mikroskopu, zjišťuje také

substituční průměr d_s . Jedná se o průměr příze s ideálně poskládanými vlákny, tedy zbavený přebytkového vzduchu. Poté platí $d > d_s$. Průměr příze je dán vzorcem:

$$d = \sqrt{4T / \rho \mu \pi} , \quad (7)$$

kde T [tex] je jemnost příze, μ [1] zaplnění příze, ρ [kg m⁻³] měrná hmotnost vlákenného materiálu [11].

Chlupatost příze je charakterizována množstvím z příze vystupujících nebo volně pohyblivých konců vláken, nebo vlákenných smyček. Kritériem pro posuzování je počet odstávajících vláken, jako délkových jednotek, nebo plošných jednotek, ve směru kolmém k přízi, nebo plošně naměřeného odstupu konců vláken. Chlupatost příze je důležitá vlastnost příze. Výrazným způsobem ovlivňuje jak zpracovatelské vlastnosti příze (setkatelnost, spotřebu šlichty, spotřeby substancí pro zušlechťovací procesy, atd.), tak i užité vlastnosti koncového produktu (omak, zaplnění plošné textilie, vzhled, nopky atd.) [19].

Setkání označuje velikost zkrácení nití zatkáním. Je definováno setkání:

$$\text{osnovy} \quad s_o = (l_o - l_{to}) / l_{to} , \quad (8a)$$

$$\text{útku} \quad su = (l_u - l_{tu}) / l_{tu} , \quad (8b)$$

kde l_o (l_u) je délka nití v úseku tkaniny a l_{to} (l_{tu}) délka úseku tkaniny. Je uváděno jako bezrozměrná veličina nebo v procentech. Možnosti zjištění setkání jsou modelovým výpočtem nebo experimentálními metodami [4].

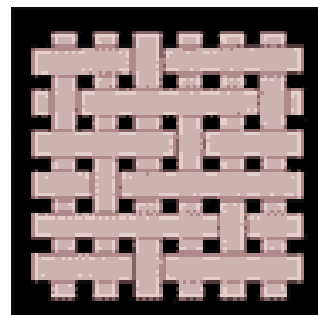
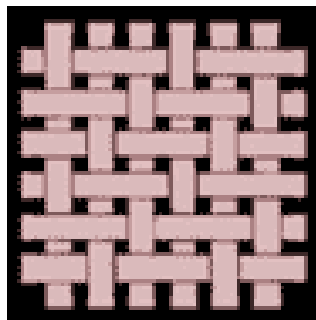
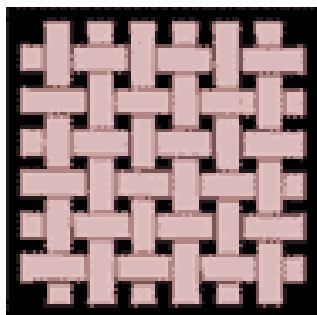
2.9.3 Vlastnosti tvaru plošných textilií

Vlastnosti tvaru zahrnují parametry popisující geometrii plošné textilie. S povrchovou chlupatostí souvisí zejména vazba, plošná hmotnost, pórovitost aj.

Vazba tkaniny je způsob provázání osnovy a útku. Základními vazbami tkanin jsou vazba plátňová, keprová a atlasová (viz. Obr. 2.15, 2.16, 2.17).

Plátňo je tvořeno tak, že se na každé niti střídá osnovní a útkový vazný bod. Plátňo vytváří nejhustší a nejpravidelnější provázání, každou tkaninu jiné vazby k němu lze vztáhnout. Proto bývá tato vazba nejlepším východiskem k popisu a tvorbě modelů tkanin. **Kepr** je charakteristický silným úhlopříčným řádkováním. Střidu keprové vazby tvoří vždy nejméně tři vazní body osnovy a útku. Podle počtu nití ve střídě se pak označuje kepr jako třívazný, čtyřvazný apod. **Atlas** je tkanina s hladkým povrchem a nevýrazným šikmým řádkováním různého sklonu. Vazné body jsou pravidelně rozloženy a nesmějí se vzájemně dotýkat.

Střída vazby je nejmenší část vazby, která se pravidelně opakuje po celé ploše tkaniny [4,16,17].



Obr. 2.15 Plátnová vazba [16] Obr. 2.16 Keprová vazba [16] Obr. 2.17 Atlasová vazba

Dostava je počet nití v jednotce délky (označení D_o ve směru osnovy, D_u ve směru útku). Pokud je dostava osnovy a útku stejná, hovoříme o čtvercové dostavě. Maximální možná dostava je pro každý typ tkaniny definována jako dostava mezní [9]. Lze ji vyjádřit:

$$D = n/l \quad (9)$$

kde D je dostava tkaniny [nitě/100 mm], n je počet nití na měřenou délku a l je měřená délka [m] [4].

Plošná hmotnost je hmotnost tkaniny vztažená na určitou plochu. Lze ji zjistit vážením, nebo výpočtem dle vzorce

$$G = D_o T_o (1 + s_o) + D_u T_u (1 + s_u), \quad (10)$$

kde D_o (D_u) je dostava osnovy (útku), T_o (T_u) je jemnost osnovy (útku) a s_o (s_u) je setkání osnovy (útku) [4].

Pórovitost nebo též poróznost, je charakteristika, která vyjadřuje poměr vláken k mezi vlákněm prostoru v textili. Je dána vztahem:

$$\psi = (\rho_{vlk} - \rho_v) / \rho_{vlk}, \quad (11)$$

kde ρ_{vlk} je měrná hmotnost vláken, ρ_v je objemová měrná hmotnost textilie.

Je-li v textili velké množství velmi jemných vláken, pórovitost je malá. Jemná vlákna vystupují na povrch textilie snadněji než hrubá a vytváří tak povrchovou chlupatost [18].

Na chlupatost tkaniny mají do jisté míry vliv použité příze a jejich výroba. Pro tuto diplomovou práci byly použity tkaniny vyrobené z přízí Novaspin, které jsou charakteristické také svou vysokou chlupatostí. Je možné tedy odhadovat, že rezná tkanina zhotovená z těchto materiálů bude vykazovat velmi vysokou chlupatost. Protože ale do výrobního procesu tkaní vstupují příze po určitých úpravách, ztrácí na své chlupatosti nejen příze, ale i samotná tkanina. Přesto výsledné tkaniny svou chlupatost neztratí úplně. Při aplikování dalších úprav na tkaninu se může její hodnota snížit, ale nikoli zcela odstranit. Úpravami lze docílit hladší, upravenější a méně chlupaté tkaniny, než je tomu u rezné.

Jelikož při samotné výrobě dochází ke tření přízí, odlétají z nich drobné částičky jako například: uvolněná vlákna, chloupky, anebo prach. Tyto částice se následně zachytávají na útku, což může vést ke zvýšení chlupatosti tkanin. Na výrobu vybraných vzorků byly použity dvě soustavy nití osnovní a útková. Při výrobě osnovní nitě bylo použito šlichtování. Tyto nitě jsou v průběhu tkaní podrobeny velkému namáhání v tahu. Útkové nitě byly oproti tomu méně pevné a s nižším počtem zákrutů. Tkaniny procházející mokřými úpravami mění své strukturální uspořádání. Bavlněný materiál vlivem vlhka nabobtná a tím zvětší svůj průměr a zároveň se příčně zkrátí. Po uschnutí se vrací na původní tvar, čímž dochází k přeuspořádání vláken v přízi, především v povrchových vrstvách. Bobtnáním též dochází ke změně dostavy.

Předpokladem se tedy stává, že rezná tkanina, by měla vykazovat největší chlupatost. Tudíž nejmenší chlupatost, by měla poté mít tkanina odšlichtovaná. Domněnky o vlivu mokřých úprav na přízi a tkaninu zatím nikde nebyly publikovány a z tohoto důvodu není mé tvrzení nijak doložené, ani podpořené jiným renomovaným autorem.

3. Experimentální část

Cílem experimentu v této diplomové práci je navrhnout rozšíření metodiky RCM pro hodnocení chlupatosti tkanin. Vybrané vzorky se porovnávaly s ohledem na stupeň technologického procesu. Tato metodika se v současné době používá pro bezkontaktní hodnocení drsnosti textilií. Jak ukázaly první pokusy lze ji aplikovat jak na hodnocení chlupatosti, tak i na žmolkovitost.

V této části je nejprve uveden popis experimentálních vzorků z hlediska materiálových a strukturních parametrů. Následuje podrobný popis měření, vyhodnocení dat a na závěr jsou získané výsledky diskutovány.

3.1 Charakteristika použitého materiálu

Technologie zušlechťování je založena na pracovních postupech, jimiž se mění fyzikálně mechanické a chemické vlastnosti vláken i hotových výrobků, např. barva, lesk, pevnost, pružnost, schopnost přijímat nebo odpuzovat různé kapaliny, schopnost odolávat vysokým teplotám, kyselinám a alkáliím. Podle zušlechťovaného materiálu se používají operace: odšlichtování, vyvářka, bělení, mercerace, karbonizace, valchování, praní, barvení, finální úpravy, tisk atd. Při klasifikaci technologických postupů se uplatňuje původ textilní suroviny.

3.2 Popis vzorků

K experimentu byly použity stoprocentní bavlněné tkaniny v keprové vazbě v délce 50 cm a šířce 10 cm. Každá tato tkanina byla střižena jak po osnově, tak po útku. Pro potřeby této diplomové práce byly vzorky proměřeny 5x. Hodnocení chlupatosti tkanin bylo provedeno na šesti tkaninách v různých dílčích krocích výrobního procesu, a to na tkanině rezné, po odšlichtování, merceraci, bělení, sanforizaci a po konečných úpravách. Opalované tkaniny v experimentu použity nebyly z důvodu chybějícího materiálu.

Z konečných úprav byly zvoleny dva typy zušlechťovacích operací – nehořlavá a easy care. Tyto dva typy konečných úprav byly rozšířeny o antibakteriální úpravu. Tkaniny byly vyrobeny z přízí Novaspin o jemnosti 12 tex. Základní charakteristiky zkoumaných tkanin jsou uvedeny v tabulce 3.1 [7].

Tabulka 3.1 Popis vzorků tkanin, jmenovité hodnoty [6]

Vazba	Material	Technologie	Úprava	Jemnost osnovy [tex]	Jemnost útku [tex]	Dostava osnovy [cm ⁻¹]	Dostava útku [cm ⁻¹]	Plošná hmotnost [g m ⁻²]
kepr	100% CO	Novaspin	Režná	12	12	35,4/0,5	31,2/0,5	170/0,6
			Odšlichtovaná, bělená			37/1,05	29/0,5	176,3/0,6
			Odšlichtovaná, bělená, mercerovaná, bělená			34,5/1,6	28,5/0,5	181/0,6
			Sanforizace			38,5/1,6	29,5/0,5	191/1,5
			Easy-care, antibakteriální			39,5/0,5	30,5/0,5	183,7/1
			Nehořlavá, antibakteriální			39,5/0,5	30/0,5	205,6/1,2

3.3 Průběh experimentu

K získání snímků vzorků tkanin byla použita obrazová analýza NIS Elements a systém RCM. Zpracování obrazů bylo provedeno ve dvou fázích. První dílčí hodnocení a pokusy o adaptaci metodiky RCM určené pro hodnocení drsnosti povrchu ukázaly, že nalezení linie povrchu tkaniny je problematické. Především způsob osvětlení a zaostření odstávajících vláken nad hranou je pro zjištění linie povrchu klíčový. Pro získání informací o uspořádání vláken nad povrchem tkaniny se jako optimální jeví snímání obrazů při zvýšeném kontrastu. Tento způsob snímání však není optimální z hlediska získání informace o hraně. Intenzity odpovídající vláknům nad hranou tkaniny a vlastní hrany jsou si při tomto způsobu snímání velice blízké a objektivní segmentace hrany je problematická. Řešením by mohla být změna ostroty a osvětlení v dílčích krocích snímání. Tyto změny jsou však časově neefektivní. Dílčí obrazy byly snímány tak, aby informace o hraně tkaniny a odstávajících vláknech byly dostatečné a bylo možné je získat subjektivně.

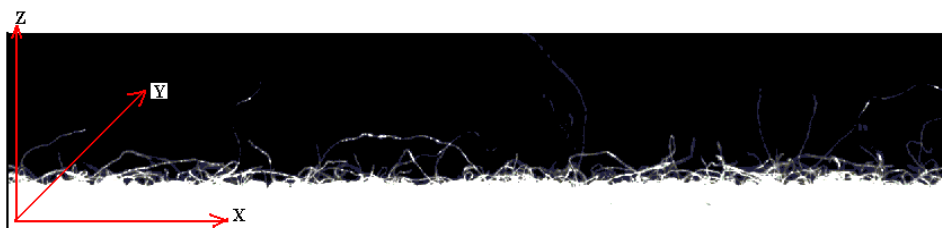
Průběh experimentu lze rozdělit na tři části:

1. Pořízení snímků vzorků tkanin režných a upravených
2. Předzpracování v obrazové analýze
3. Vlastní zpracování

1. Pořízení snímků vzorků tkanin režných a upravených

Nejprve byly pořízeny sekvence obrazů režných a upravených tkanin pomocí obrazové analýzy NIS Elements a systému RCM. Imaginární řezy tkaninou byly snímány s časovou prodlevou nutnou k posuvu tkaniny o definovaný krok. Automatické snímání bylo realizováno prostřednictvím obrazové analýzy pomocí funkce snímání sekvencí obrazů. Tkanina byla posunována automaticky dle zvoleného programu ovládacího motorku. Celkem bylo nasnímáno 750 šedo-tónových obrazů při kalibraci $6,676 \times 10^{-9} \mu\text{m px}^{-1}$ a rozlišení $1268 \text{ px} \times 1000 \text{ px}$ s krokem $S = 0,080 \text{ mm}$. Pro snadnou orientaci je možné zavést souřadný systém takto: Počátek souřadného systému os se nachází v levém dolním rohu obrazu; osa X je kolmá ke směru pohybu snímané tkaniny a odpovídá šířce obrazu, osa Y odpovídá směru převíjení tkaniny a osa Z odpovídá výšce snímaného obrazu resp. vzdálenosti od povrchu tkaniny. V průběhu experimentu odpovídala osa X nejprve směru osnovy a následně také směru útku.

Názorná ukázka na obrázku 3.1. Rozlišení, kalibraci a velikost kroku mezi dílčími imaginárními řezy tkaninou je nutné volit s ohledem na strukturní a materiálové parametry tkaniny (jemnost resp. průměr vlákna, jemnost resp. průměr příze, míra chlupatosti přízí - délka odstávajících vláken, velikost dostavy v obou směrech, způsob provázání).



Obr. 3.1 Ukázka os vzorového snímku

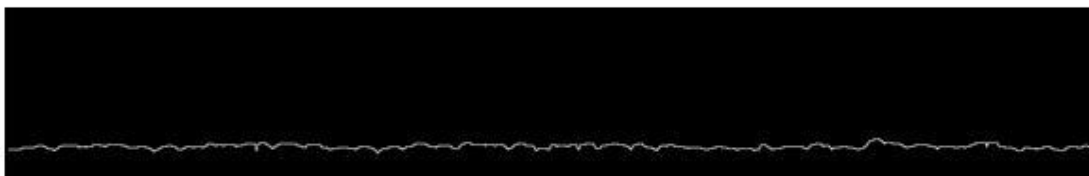
2. Předzpracování v obrazové analýze

Pro zefektivnění výpočtů prováděných nad obrazovou sekvencí je možné velikost obrazu ve smyslu jeho výšky (rozsah osy Z) upravit s ohledem na vzdálenost, ve které se nachází nejvzdálenější nebo nejdelší odstávající vlas (funkce „Ořez“). Šedo-tónové obrazy byly převedeny do binárního tvaru s cílem získat linii povrchu ve formě binárního obrazu s formátem jpg. Subjektivní prahování v některých případech neposkytlo očekávaný výsledek. Nad povrchem tkaniny zůstávaly fragmenty odstávajících vláken. Tyto fragmenty bylo možné odstranit vhodnou kombinací morfologických operací (erose, dilatace, otevření, uzavření, vyčištění). Ukázka výsledku předzpracovaného obrazu je uvedena na obr. 3.2.



Obr. 3.2 Předzpracovaný výsledný obraz

Posledním krokem při předzpracování obrazu je detekce hranice tkaniny pomocí funkce obrazové analýzy „Obrýsy“. Jedná se o vnitřní kontury, kde binární obrýs je po transformaci podmnožinou původního obrazu. Binární obrázy - linie povrchu tkaniny byly spolu s šedo-tónovými obrazy vstupem pro další zpracování v prostředí Matlab. Ukázka výsledku je uvedena na obrázku 3.3.



Obr. 3.3 Binární obraz linie

3. Vlastní zpracování

Dílčí snímky jsou v obrazové sekvenci zpracovávány postupně v jazyce Matlab [10]. Vstupní příkazy zadávané do jazyku Matlab jsou k nahlédnutí v Příloze 4. Některé operace jsou prováděny na globálním obraze, jiné na dílčích imaginárních řezech obrazu ve směru kolmém ke vzorku tkaniny (osa Z). Princip tohoto programu je více popsán na následujících stránkách. Pro snadnější orientaci je popis rozdělen na dvě části.

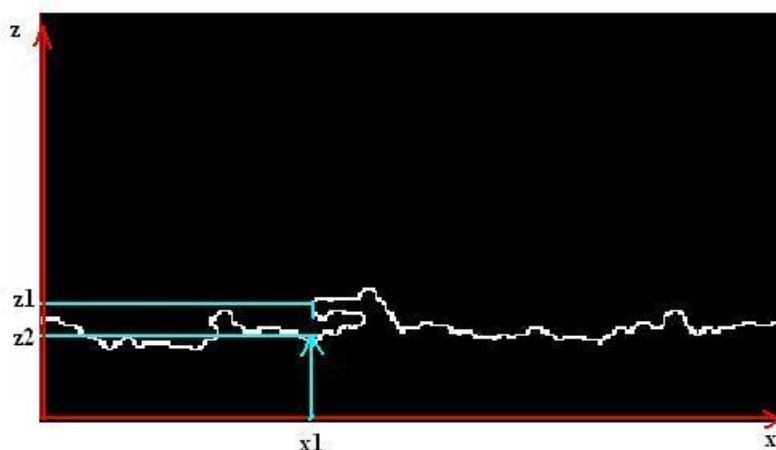
Prvním krokem je načtení dílčího obrazu a příslušné linie ve formátu jpg. Pokračuje se binarizací obrazů s užitím metodiky Otsu [13]. Ve výsledných binárních obrazech odpovídají objekty bílým pixelům s hodnotou „1“ a pozadí pixelům černé barvy s hodnotou „0“. Více popsáno výše v kapitole 2.8.

Následuje oříznutí binarizovaného obrazu tkaniny dle nalezené hrany obrazu. Souřadnice hrany byly nalezeny díky pomocnému binárnímu obrazu linie tkaniny. V některých případech se kromě hrany tkaniny v tomto pomocném obraze nachází i fragmenty, které se ani aplikací morfologických operací nepodařilo odstranit.

V programu je prozatím obsažen jednoduchý rozhodovací algoritmus, který na základě velikosti objektu umožňuje správné nalezení souřadnic hrany tkaniny. Aplikace morfologických operací a vlastní variabilita tkaniny i uspořádání odstávajících vláken způsobí, že pro shodné souřadnice X existuje v pomocném binárním obrazu více souřadnic Z. Do budoucna by bylo vhodnější použít pro správné nalezení souřadnic Z resp. informace o průběhu hranice tkaniny matematické postupy umožňující vyhlazení trendu. Vhodnou matematickou úpravou funkční závislosti popisující průběh hrany

tkaniny $f(x, z)$ by mohla být Fourierova transformace nebo polynomické interpolační metody. Průběhy linií tkanin zkoumaných v rámci experimentu vykazují vysokou variabilitu. Pro úpravu závislosti průběhu linií tkanin by bylo nutné použít různé matematické postupy. Z tohoto důvodu byl použit pouze jednoduchý algoritmus, jehož úprava je úkolem pro další zpřesnění a ověření metodiky.

Při hledání správných souřadnic linie tkaniny $[x, z]$ se postupuje následovně. Je-li nalezeno více souřadnic z např. $[x1, z1]$ a $[x1, z2]$ v daném místě x je zvolena souřadnice blíže k povrchu tkaniny $[x1, z2]$ viz Obr. 3.4. Porovnání původního pohledu na tkaninu a částečně zpracovaného obrazu, kdy jsou informace pod hranou tkaniny odstraněny, je uvedeno na obr. 3.5 a 3.6.



Obr. 3.4 Nalezení souřadnice y



Obr. 3.5 Původní obraz

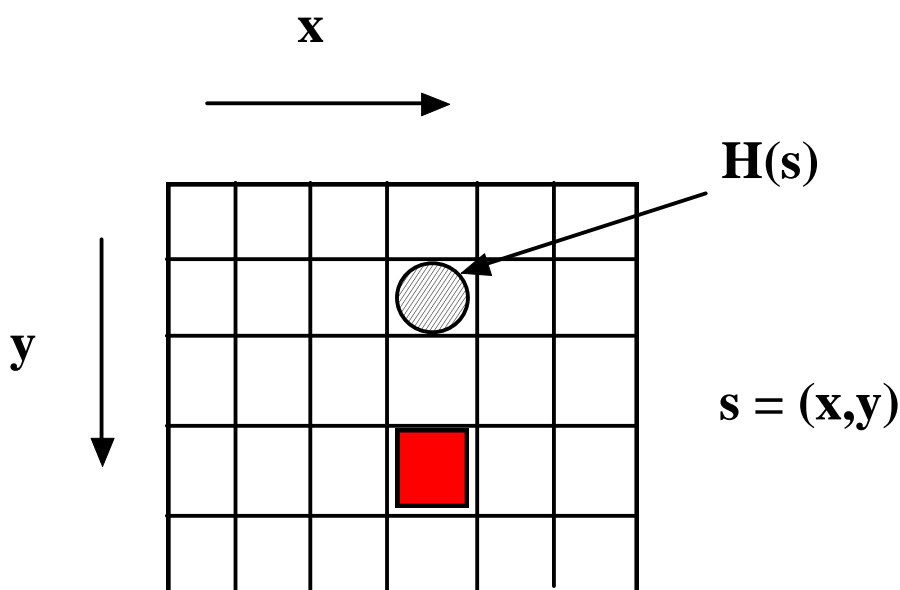


Obr. 3.6 Částečně zpracovaný obraz

Obrazy v obrazové sekvenci jsou zpracovávány v dílčích krocích. Imaginární řezy byly prováděny ve směru osy Z . Čímž je možné získat informaci o souřadnicích pixelů odpovídajících vláknům. Identifikován je počet pixelů, které náleží odstávajícím vláknům v daném řezu, v odpovídající vzdálenosti od počátku souřadnicového systému viz Obr. 3.1. Získaná data se ukládají do výpočetní Matice, která zahrnuje informace o výskytu a množství odstávajících chlupů.

Základní analýzy založené na CV

Povrchová nepravidelnost se klasicky popisuje variačním koeficientem (CV). Tento koeficient je tradičně užíván jako charakteristika nestejnosti a může být také snadno použita pro chlupatost. Způsob vyhodnocení, který byl použit pro zpracování získaných sekvencí obrazů je znám pod pojmem „quadrat metoda“. Tkaninu lze chápat jako pole, které je možno rozdělit do definovaných segmentů (viz obr 3.7), kde směr X odpovídá šířce snímaného obrazu (směr kolmý k posuvu tkaniny, index $j = 1, 2, \dots, N$) a směr Y je ekvivalent směru převíjení tkaniny (index $k = 1, 2, \dots, M$). V lokálních segmentech je možné hodnotit vybrané charakteristiky popisující chlupatost tkaniny a zároveň posoudit jejich míru variability (variační koeficient, rozptyl). Pro komplexní posouzení variability je možné vyhodnocení chlupatosti tkanin provést v dílčích krocích, kdy je velikost segmentů postupně měněna. „Quadraty“ jsou v každém průběhu (lag - posunu) prodlouženy ve směru převíjení tkaniny faktorem $lag * S$ a v příčném směru faktorem $lag * la * res$. Tímto způsobem může být vypočítána charakteristická chlupatost jako funkce velikosti lokálních segmentů „quadrat“. Každá „quadrat“ velikost odpovídá speciálnímu řešení $lag * S \times lag * la * res$.



Obr 3.7 Princip „quadrat metody“

Lokální povrchová chlupatost tkaniny H_{jk} je definovaná jako úhrnná plocha chlupů připadajících na zvolenou délku L v daném segmentu ve směru převíjení tkaniny viz vztah (11).

$$H_{j,k} = \frac{\left(\sum_{i=1}^{lag} Np(i) * res^2 \right)}{(0,1 * la * res)}, \quad (12)$$

kde $N_p(i)$ je počet pixelů náležejících chlupům v (i) té pozici, přičemž pixely příslušející povrchu tkaniny do tohoto součtu nejsou zahrnuty; res odpovídá použité kalibraci snímání a la je počet dílků odpovídající zvolené vzdálenosti, na které se lokální chlupatost vyhodnocuje $L = la * res$. Ve skutečnosti je tato analýza realizována pro základní „quadrat“ velikost $lag = 1$. Podle obecné definice můžeme jednoduše vypočítat celkový průměr, rozptyl a variační koeficient.

$$m = \frac{1}{MN} \sum_i \sum_j (H_{ij}), \quad (13a)$$

$$s^2 = \frac{1}{MN} \sum_i \sum_j (H_{ij} - m)^2, \quad (13b)$$

$$CV = \frac{s}{m}, \quad (13c)$$

Celkový rozptyl s^2 lze rozdělit do dvou částí a vyhodnotit variabilitu ve směru podélném a příčném vzhledem ke směru odvíjení tkaniny.

$$m_{io} = \frac{1}{M} \sum_j H_{ij}, \quad (14a)$$

$$m_{oj} = \frac{1}{N} \sum_i H_{ij}, \quad (14b)$$

Symbol „ o “ značí index užívaný pro součet, to jest m_{oj} je průměrná hodnota v i -té pozici v příčném směru.

Pro příčný směr X (rozšíření (15) použitím m_{io}) získáme následující vztahy:

$$s^2 = s_C^2 + s_{HC}^2, \quad (15a)$$

kde rozptyl v příčném směru s_C^2 je:

$$s_C^2 = \frac{1}{N} \sum_i (m_{io} - m)^2, \quad (15b)$$

kde rozptyl v „šikmém“ směru s_{HC}^2 je:

$$s_{HC}^2 = \frac{1}{MN} \sum_i \sum_j (H_{ij} - m_{io})^2. \quad (15c)$$

$$\textbf{Pro podélný směr Y} \quad s^2 = s_H^2 + s_{LH}^2, \quad (16a)$$

kde rozptyl ve směru stoje s_H^2 je:

$$s_H^2 = \frac{1}{M} \sum_j (m_{oj} - m)^2, \quad (16b)$$

kde rozptyl v podélném směru s_{LH}^2 je:

$$s_{LH}^2 = \frac{1}{MN} \sum_i \sum_j (H_{ij} - m_{oj})^2. \quad (16c)$$

Konečné zpracování spočívá v dvou-dimenzionální statistické analýze dat uložených ve výpočetní matici. Jednotlivé elementy vypovídají o počtu resp. ploše vláken v daném místě analyzovaného vzorku tkaniny, jedná se tedy o intenzivní veličinu. Z tohoto důvodu je nejprve výpočetní matice převedena na neintenzivní veličinu. Všechny elementy jsou poděleny hodnotou maximálního počtu vláken nad povrchem tkaniny, který se ve výpočetní matici nachází.

Následuje rozdělení upravené výpočetní Matice do různě velkých čtvercových sítí. Startovacím rozměrem sítě je submatice o velikosti 2x2. Pro všechny submatice jsou vypočteny statistické ukazatele např. střední hodnota, rozptyl, směrodatná odchylka, variační koeficient. Průměrné hodnoty jednotlivých tkanin jsou zapsány v následujících tabulkách 3.2 a 3.3. Ukázky výstupů jsou na obrázcích 3.8 a 3.9. Získané výsledky jsou zpracovány do tabulek a grafů. Jednotlivé získané hodnoty pro každé měření jsou zaznamenány v tabulkách v příloze 2 pro osnovu a v tabulkách v příloze 3 pro útek.

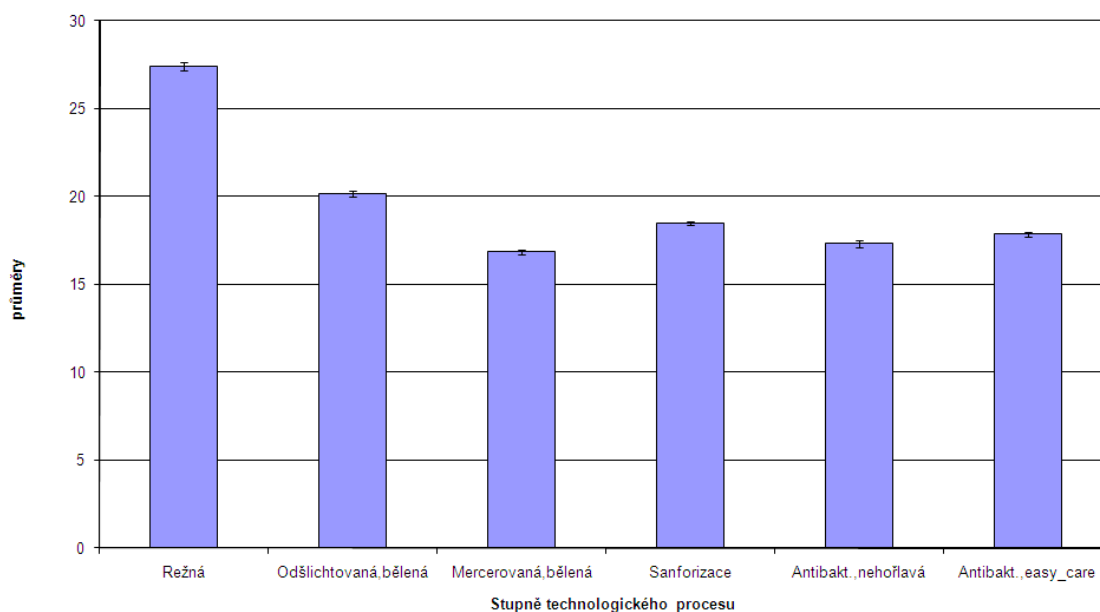
Tabulka 3.2: Základní charakteristiky pro osnovu

Osnova						
Tkanina	Režná	Odšlicht, bělená	Mercerovaná, bělená	Sanforizace	Antibakt., nehořlavá	Antibakt., easy_care
Průměrná chlupatost	27,3922	20,1980	16,8672	18,5008	17,3172	17,8537
Směrodatná odchylka chlupatosti	0,2311	0,1691	0,1274	0,1175	0,1709	0,1431
CV chlupatosti	1,7570	2,0205	2,1295	1,8465	2,4064	2,1253
Roztyl ve směru X	0,1080	0,1242	0,1008	0,0973	0,1365	0,1184
Roztyl ve směru X, Y	0,1234	0,0450	0,0265	0,0202	0,0345	0,0247
Roztyl ve směru Y	0,0303	0,0194	0,0088	0,0056	0,0087	0,0101
Podélný rozptyl Y, Z	0,2010	0,1497	0,1186	0,1118	0,1622	0,1341
Index rozptylu	0,0085	0,0084	0,0076	0,0063	0,0100	0,0080
Index celkového rozptylu	0,0035	0,0056	0,0054	0,0047	0,0072	0,0060
Rovnoměrnost pod zvolenou hranicí	0,7918	0,7918	0,7918	0,7918	0,7918	0,7918
Rovnoměrnost nad zvolenou hranicí	1,2476	1,2476	1,2476	1,2476	1,2476	1,2476
vc/vm	0,4119	0,1773	0,0877	0,0678	0,0638	0,0751

Tabulka 3.3: Základní charakteristiky pro útek

Útek						
Tkanina	Režná	Odšlicht., bělená	Mercerovaná, bělená	Sanforizace	Antibakt., nehořlavá	Antibakt., easy_care
Průměrná chlupatost	22,9546	16,5189	17,2456	19,6297	17,5450	17,1164
Směrodatná odchylka chlupatosti	0,2124	0,1500	0,1419	0,1382	0,1570	0,1566
CV chlupatosti	2,1188	2,3642	2,2164	1,8936	2,2541	2,1381
Rozptyl ve směru X	0,1401	0,1186	0,1201	0,1159	0,1244	0,1260
Rozptyl ve směru X, Y	0,0723	0,0313	0,0218	0,0223	0,0325	0,0306
Rozptyl ve směru Y	0,0212	0,0086	0,0066	0,0056	0,0091	0,0064
Podélný rozptyl Y, Z	0,1912	0,1413	0,1353	0,1326	0,1479	0,1496
Index rozptylu	0,0100	0,0094	0,0085	0,0070	0,0090	0,0091
Index celkového rozptylu	0,0060	0,0066	0,0064	0,0053	0,0064	0,0066
Rovnoměrnost pod zvolenou hranicí	0,7918	0,7918	0,7918	0,7918	0,7918	0,7918
Rovnoměrnost nad zvolenou hranicí	1,2476	1,2476	1,2476	1,2476	1,2476	1,2476
vc/vm	0,1462	0,0735	0,0521	0,0478	0,0790	0,0437

Průměry chlupatosti

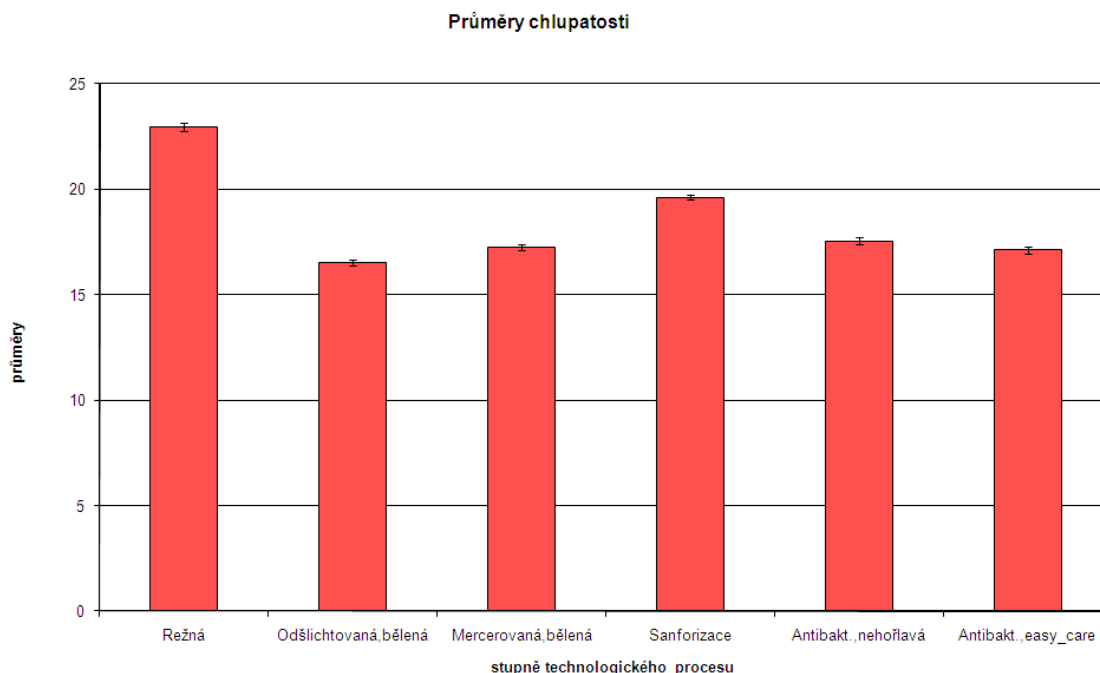


Obr. 3.8 Průměrná chlupatost osnovy

Graf na obr. 3.8 se zabývá porovnáním průměrných hodnot chlupatosti v osnově při různém stupni technologického procesu. Z výsledných hodnot je patrné, že rezná tkanina se vyznačuje nejvýraznější chlupatostí po osnově. Tato hodnota značně převyšuje zbylé vzorky. Ostatní hodnoty se pohybují na podobné výši odstávajících chlupů. Dalo by se říci, že mají podobné výsledky. Mezi nejméně chlupaté patří vzorek, jež byl opatřen úpravou mercerování a bělení. Jeho hodnota oproti ostatním klesla minimálně, i když v porovnání s reznou tkaninou je jejich rozdíl dosti patrný.

Předešlý graf se zabýval chlupatostí v osnově. Následující graf na obr. 3.9 porovnává tytéž charakteristiky, ale v útku. Takto znázorněné hodnoty ukazují, že se opět jedná o velmi vyrovnaná čísla, leč přeci jen s většími rozestupy, než tomu bylo v předešlém případě. Rovněž nad ostatními v chlupatosti vyniká rezná tkanina. Spojíme-li to s hodnotou v předchozím grafu, dá se předpokládat, že celková chlupatost takovéto tkaniny bude značně vysoká a bude o mnoho přesahovat ostatní. Nejméně chlupatou se v tomto případě jeví látka, jež prošla technologickým procesem odšlichtování a bělení.

Je nutné ovšem brát ohled na to, že vzorky nebyly zkoumány po osnově a po útku na téže místě. Tím pádem mohlo dojít k mírnému znehodnocení výsledků a tím pádem i ke shodnému či podobnému trendu obou grafů. Toto měření nebylo možno provést z nedostatku materiálu. Pro příští průzkum je nutné tento nedostatek odstranit.



Obr. 3.9 Průměrná chlupatost útku

Další grafy pro zbývající charakteristiky a hodnoty jakými byly variační koeficient a směrodatná odchylka jsou uvedeny na obr. 1 až obr. 4 v příloze 1. Tyto grafy ukazují porovnání průměrných hodnot chlupatosti u všech proměřených tkanin opět s ohledem na použitý technologický proces.

4. Výsledky a diskuze

Z grafického porovnání získaných informací vyplývá, že rezná tkanina vykazuje zcela nejvyšší chlupatost a to jak po osnově, tak i po útku. Metody sanforizace a easy-care se ukazují jako metody s průměrnou či s mírně zvýšenou chlupatostí tkaniny. Tkanina mercerovaná proměřená po osnově se jeví s nejmenší chlupatostí. Oproti tomu se jeví s nejmenší chlupatostí tkanina odšlichtovaná, bělená měřená po útku. Experimentálně zjištěné míry chlupatosti jsou ve shodě s očekáváními. Lze předpokládat, že vlivem mokrých procesů dojde ke změně charakteru povrchu tkaniny. V průběhu zušlechťovacích operací v mokrému stavu dochází ke změně dostav textile. Většinou dostavy tkaniny v obou směrech rostou a jedná se o tzv. srážení. Pokud by chlupatost volné příze nebyla mokkými procesy výrazně ovlivněna, měla by míra chlupatosti s postupem technologických operací růst, protože dochází k nárůstu počtu nití na jednotku plochy. V tomto případě vůči rezné tkanině došlo po merceraci ke značnému snížení dostavy až o 28%. S původní reznou tkaninou se porovnávaly i ostatní vzorky s dalšími úpravami. K nárůstu dostavy došlo v případě metody easy-care o 9% a nehořlavé o 7%. Ostatní úpravy měly za následek naopak pokles dostavy. U odšlichtované tkaniny došlo ke snížení o celých 54% a úprava sanforizace snížila dostavu o 32%. Porovnání změny jednotlivých dostav v následujících tabulkách 4.1 až 4.3.

Tabulka 4.1: Dostava osnov

Dostava osnovy	
Rezná	100%
Odšlicht_be	snížení o 59%
Odšlicht_be_mer_be	snížení 69%
Sanforizace	snížení 66%
Easy_care	zvýšení 12%
Nehořlavá	zvýšení 12%

Tabulka 4.2: Dostava útku

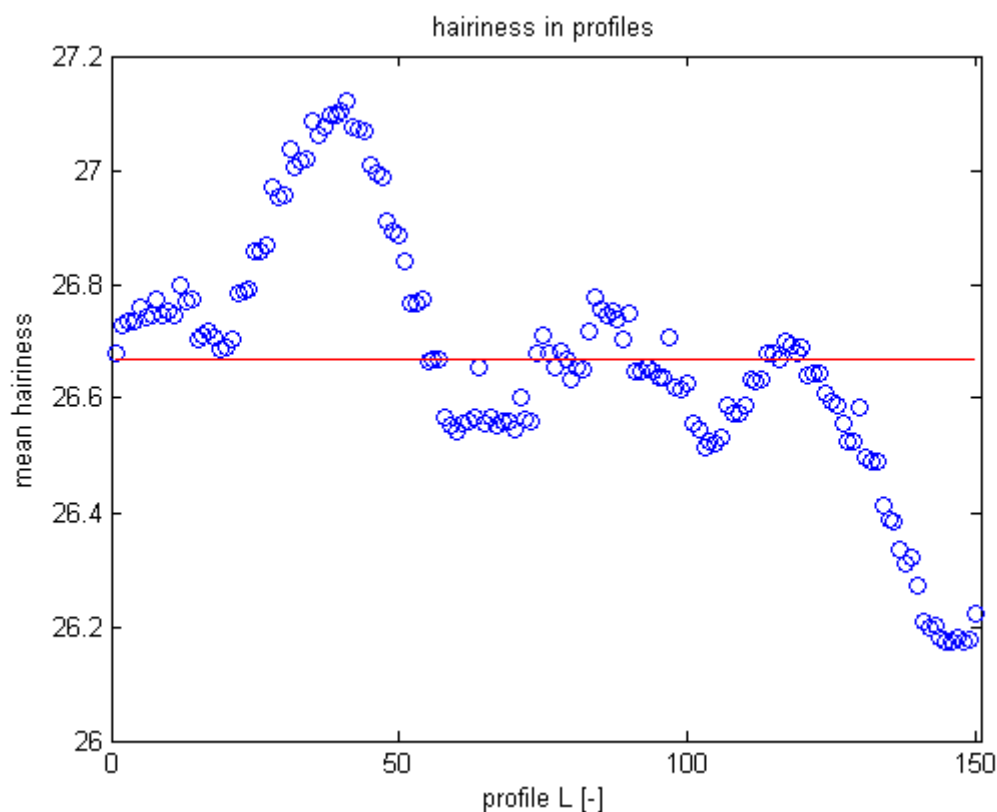
Dostava útku	
Rezná	100%
Odšlicht_be	snížení o 7%
Odšlicht_be_mer_be	snížení o 9%
Sanforizace	snížení o 5%
Easy_care	snížení o 2%
Nehořlavá	zvýšení o 27%

Tabulka 4.3: Celkové dostavy

Celková dostava	
Rezná	100%
Odšlicht_be	snížení o 46%
Odšlicht_be_mer_be	snížení o 28%
Sanforizace	snížení o 32%
Easy_care	zvýšení o 9%
Nehořlavá	zvýšení o 7%

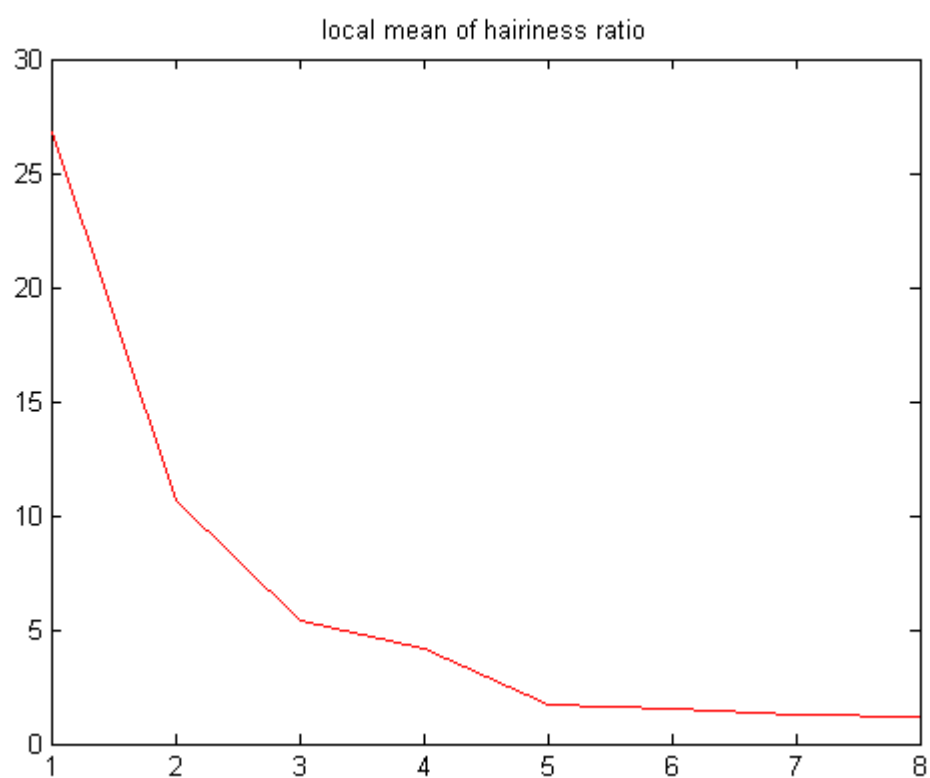
Míra chlupatosti tkaniny je ovlivněna také změnou chlupatosti příze. Zdá se, že díky bobtnání a příčnému zkrácení bavlněných vláken v mokrému stavu a jejich zpětnému sušení mezi zušlechťovacími technologickými celky, dochází také k mírnému přeuspořádání vláken v přízi, především v povrchových vrstvách a poklesu chlupatosti. Čímž je míra chlupatosti tkanin snížena. Podporuje se tím zároveň prvotní předpoklad vlivu technologických operací na chlupatost. Konkrétně, že použití mokré úpravy způsobuje snížení chlupatosti přízí i textile jako celku.

V následujících obrázcích pro ilustraci je znázorněno chování vybraných charakteristik pro režnou tkaninu z prvního měření podrobenou měření po útku. Hodnoty průměrné chlupatosti ve všech profilech je znázorněna na obr. 4.1. Je patrné, že při snímání byla chlupatost na počátku výrazně vyšší, nežli v prostřední části a na konci byla chlupatost minimální.

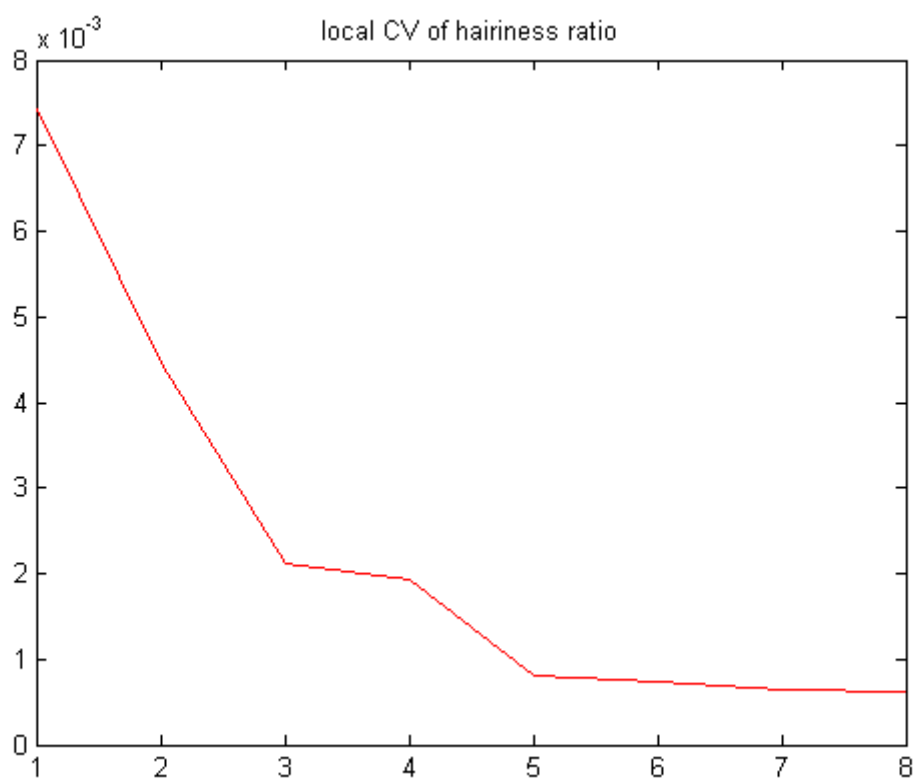


Obr. 4.1 Lokální chlupatost v profilech

Závislost průměrné lokální chlupatosti v „quadrátech“ v závislosti na velikosti „quadrátu“ *posuvu* je ukázáno na obr. 4.2. Graf zachycuje vztah podílu chlupů v závislosti na *posunu*. Stejná závislost pro příslušný variační koeficient je uvedena na obr. 4.3. Lokální průměrná hodnota chlupatosti s rostoucí velikostí „quadrátu“ klesá a s ním klesá zároveň i CV. Obr. 4.3 zachycuje závislost průměrného lokálního variačního koeficientu chlupatosti na *posunu*. Od hodnoty 5 – 8 se závislost skoro nemění. Další grafické znázornění charakteristik získaných z prostředí matlab je k nahlédnutí v příloze 5.



Obr. 4.2 Závislost průměrné lokální chlupatosti na lag



Obr. 4.3 Závislost průměrného lokálního variačního koeficientu chlupatosti na lag

5. Závěr

Chlupatost ovlivňuje kvalitu tkaniny v mnoha ohledech. Především z hlediska omaku a žmolkovitosti je tato vlastnost důležitá a její zkoumání se jeví jako nutnost. Této problematice se však zatím nevěnovala dostatečná pozornost. Právě proto si tato diplomová práce kladla za cíl prozkoumat současný stav vývoje zkoumání z hlediska přístupů k hodnocení chlupatosti tkanin. Poté ze zjištěného navrhnout metodiku hodnocení této vlastnosti a pokusit se nalézt vhodný parametr, který by umožnil chlupatosti tkanin kvantifikovat. Nakonec provést dílčí hodnocení chlupatosti tkanin u vybraných vzorků a tím prověřit navrženou metodiku.

V teoretické části jsou popsány dosud známé a používané přístupy k hodnocení chlupatosti tkanin. Jejich využití je prozatím omezeno na vybrané materiály nebo laboratoře. Jedním z důvodů je, že chlupatost tkanin není prozatím vnímána jako jedna z určujících vlastností souvisejících s kvalitou. Dalším možnou příčinou je absence automatizovaného laboratorního systému, který by bylo možné pro hodnocení míry chlupatosti tkaniny použít.

V rámci experimentu byla navržena metodika pro hodnocení chlupatosti vycházející z postupu RCM určeného pro analýzu drsnosti tkanin. Navržená metodika byla použita pro stanovení míry chlupatosti vybraných vzorků tkanin v dílčích stupních technologického procesu. Kromě metodiky byly stanoveny také parametry, které lze pro kvantifikaci míry chlupatosti tkanin použít. Uvedená metodika poskytuje základní informace, ale pro další použití je nutné provést dílčí modifikaci. Především z hlediska způsobu snímání je nutné prověřit, zda a jakým způsobem ovlivňuje použitá kalibrace, rozlišení obrazu, zvětšení obrazu, volba kroku (posuvu v ose z) a počet zpracovaných obrazů vypovídací schopnost zjištěné chlupatosti tkanin. Dále je doporučeno upravit snímání s ohledem na způsob osvětlení tak, aby bylo možné provádět automatickou detekci hrany přímo v prostředí Matlab a nebylo nutné hranu tkaniny získávat předzpracováním v obrazové analýze. Dále by bylo vhodné pokusit se nalézt optimální matematický postup, který by umožnil nalézt funkční závislosti popisující průběh hrany tkaniny v obraze tak, že bude korespondovat s realitou. Hodnocení chlupatosti tkanin bylo provedeno v dílčích krocích výrobního procesu. Jednotlivými vzorky pro zkoumání se staly tkaniny rezné, po odšlichtování, merceraci, bělení, sanforizaci a po konečných úpravách. Z konečných úprav byly zvoleny dva typy zušlechťovacích operací – nehořlavá a easy_care.

Pro přesnější výsledky by bylo samozřejmě nejvhodnější prozkoumat více tkanin, ale z důvodu nedostatku materiálu a omezeného času potřebného ke zkoumání, byl experiment realizován v omezeném množství. Vzorky byly zkoumány jak po osnově, tak po útku. Bohužel toto měření nebylo možné provést na stejném místě a ani na stejném vzorku. Pro toto měření totiž chyběl dostatek materiálu. Mohlo tím pádem

dojít k mírnému znehodnocení dat. Pro správnost dalších experimentů by bylo vhodné se tomuto problému vyvarovat.

Dle získaných výsledků se ukázalo, že i když do experimentu vstupovalo mnoho ovlivňujících faktorů, dle předpokladu rezná tkanina vykazuje nejvyšší chlupatost. U dalších tkanin se hodnota chlupatosti měnila v závislosti na stupni technologického procesu. Rezné tkaniny vykazovaly největší chlupatost jak po směru osnovy tak i útku. Oproti tomu tkaniny, které procházely mokkými úpravami, vykazovaly chlupatost nižší. Tkanina mercerovaná, bělená měřená po osnově vykazovala nejnižší chlupatost. Na rozdíl od tkaniny proměřené po útku. Zde vykazovala nejnižší chlupatost tkanina odšlichtovaná, bělená.

Použitá literatura

- [1] Barela, A.: The Hairiness of Yarns. Textile Progress, Vo. 24, No. 3. The textile Institute 1993.
- [2] Bleša, M., Militký, J.: Evaluation of patterned fabrics surfaces relief. 2nd International Material Conference, 17th-18th August 2006, Ružomberok, Slovak Republic.
- [3] B.Xu, D.F. Cuminato: Evaluation of Fabric Smoothness Appearance Using A Laser Profilometer. Department of Human Ecology, the University of Texas, Austin. 1998. 17s.
- [4] Drašarová, J.: Analýza příčných řezů tkaniny. Disertační práce. TUL, fakulta textilní. 2004. 77 s.
- [5] Effect of grain size and abrasion duration on the state of textile fabric surfaces [online]. Publikováno 08.2002 [cit. 2009-12-14]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science>.
- [6] Jirásková, P.: Výroba délkových textilií. 1. Vydání. Liberec. Technická univerzita v Liberci. 2004. 103 s. ISBN 80-7083-845-0.
- [7] Krupincová, G.; Mertová, I.: Analýza košilovin. Výzkumná zpráva. TUL, fakulta textilní. 2007. 66 s.
- [8] Mazal, M., Militký, J.: Image Analysis Method of surface Roughness Evaluation. Book of Proceeding of 3rd INTERNATIONAL TEXTILE, CLOTHING and DESIGN CONFERENCE – Magic World of Textiles. Dubrovnik, Croatia – 2006.
- [9] Mazal, M.: Popis systému pro bezkontaktní měření drsnosti a povrchových charakteristik (RCM systém). Výzkumná zpráva. TUL, fakulta textilní. 2005. 14s.
- [10] Militký, J.: Chlupy_tkanina. Program pro výpočet chlupatosti v jazyce Matlab, fakulta textilní, 2009.
- [11] Neckář, B.: Tvorba, struktura, vlastnosti. 1. Vydání. Praha. SNTL - Nakladatelství technické literatury. 1990. 449 s. ISBN 80-03-00213-3.
- [12] Objective automatic assessment of pilling in fabrics by image analysis [online]. Publikováno 06.2000 [cit. 2009-04-19]. Dostupné z: <http://adsabs.harvard.edu/abs/2000OptEn..39.1477A>.

- [13] Otsu, N., "A Threshold Selection Method from Grey-Level Histograms," IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. 9, No. 1, 1979, pp. 62-66.
- [14] Patentový spis: [online]. Publikováno 31. 5. 1972 [cit. 2009-05-05]. Dostupné z: <http://spisy.upv.cz/Patents/FirstPages/FPPV0148/0148090.pdf>.
- [15] Předúprava textilií: [online]. Publikování 14. 5. 2009 [cit. 2009-04-19]. Dostupné z: <http://www.ft.tul.cz/depart/ktt/vyuka/skripta/ztv/ztv11.pdf>.
- [16] Tkalcovství: [online]. Publikováno 23. 11. 2008 [cit. 2009-03-21]. Dostupné z: http://www.arttex-stavy.cz/main_t2.html.
- [17] Tkaní: [online]. Publikováno 23. 2. 2009 [cit. 2009-05-05]. Dostupné z: <https://skripta.ft.tul.cz/databaze/data/2003-01-10/07-23-40.pdf>.
- [18] Uhrová, M.: Tloušťka textilií. Bakalářská práce. Liberec, fakulta textilní. 2008. 54 s.
- [19] Voborová, J.: Chlupatost a průměry přízí: Souhrnná zpráva. TUL, fakulta textilní, 24 s.
- [20] Zhang, J.: Objective evaluation of fabric pilling propensity. Disertační práce. Deakin University. 2007. 169 s.
- [21] Zoláková, P.: Studie měření chlupatosti plošných textilií. Diplomová práce. TUL, fakulta textilní. 1994. 61s.

Seznam obrázků

- Obr 2.1 *Blokové schéma Fibrographu 230 A*
- Obr 2.2 *Přístroj T 690 firmy Zweigle*
- Obr 2.3 *Přenosný přístroj firmy Thorn*
- Obr 2.4 *ICI Pilling Box*
- Obr 2.5 *3D stereoskopický systém*
- Obr 2.6 *Schéma přístroje s dopravním pásem*
- Obr 2.7 *Schéma Pillgrade®*
- Obr 2.8 *Schéma přístroje s válcovým osvětlením*
- Obr 2.9 *Schéma optického přístroje pro měření chlupatosti*
- Obr 2.10 *Informace o okamžité chlupatosti*
- Obr 2.11 *Přístroj na měření nerovností*
- Obr 2.12 *Rolovací zařízení RCM*
- Obr 2.13 *Osvětlení hrany RCM*
- Obr 2.14 *Jednoduché schéma RCM systému*
- Obr 2.15 *Plátňová vazba*
- Obr 2.16 *Keprová vazba*
- Obr 2.17 *Atlasová vazba*
- Obr 3.1 *Ukázka os vzorového snímku*
- Obr 3.2 *Předzpracovaný výsledný obraz*
- Obr 3.3 *Binární obraz linie*
- Obr 3.4 *Nalezení souřadnice y*
- Obr 3.5 *Původní obraz*
- Obr 3.6 *Částečně zpracovaný obraz*
- Obr 3.7 *Princip „quadrat metody“*
- Obr 3.8 *Průměrná chlupatost osnovy*
- Obr 3.9 *Průměrná chlupatost útku*
- Obr 4.1 *Lokální chlupatost v profilech*
- Obr 4.2 *Závislost průměrné lokální chlupatosti na lag*
- Obr 4.3 *Závislost průměrného lokálního variačního koeficientu chlupatosti na lag*

Seznam Tabulek

Tabulka 3.1 Popis vzorků tkanin, jmenovité hodnoty

Tabulka 3.2 Základní charakteristiky pro osnovu

Tabulka 3.3 Základní charakteristiky pro útek

Tabulka 4.1 Dostavy osnov

Tabulka 4.2 Dostavy útku

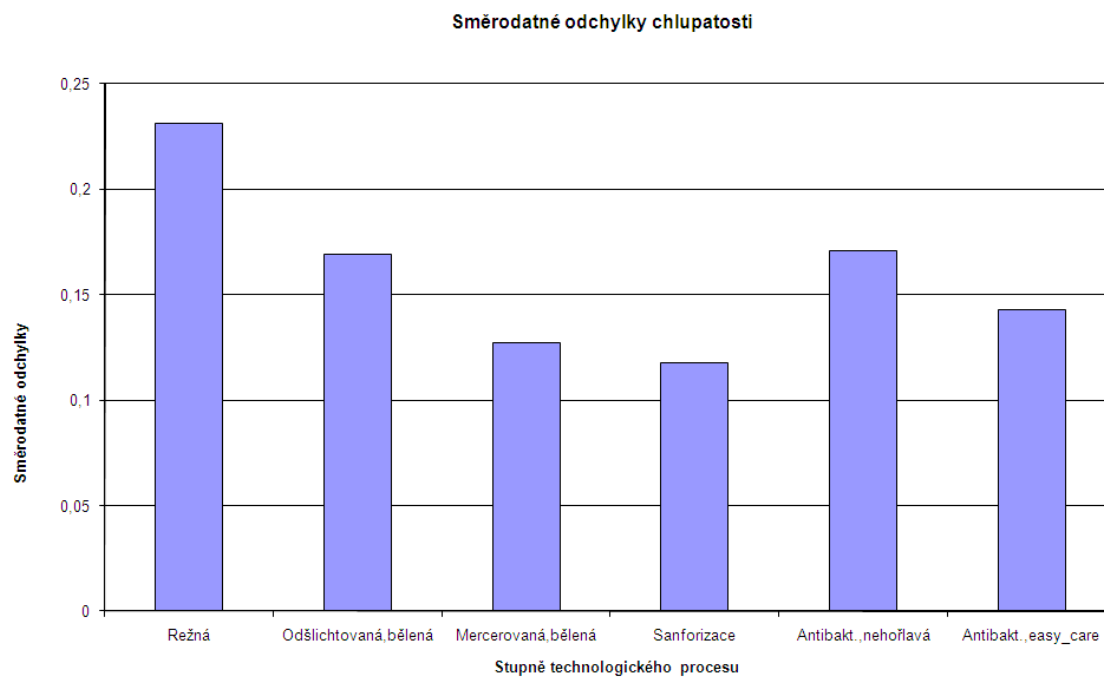
Tabulka 4.3 Celkové dostavy

Seznam Příloh

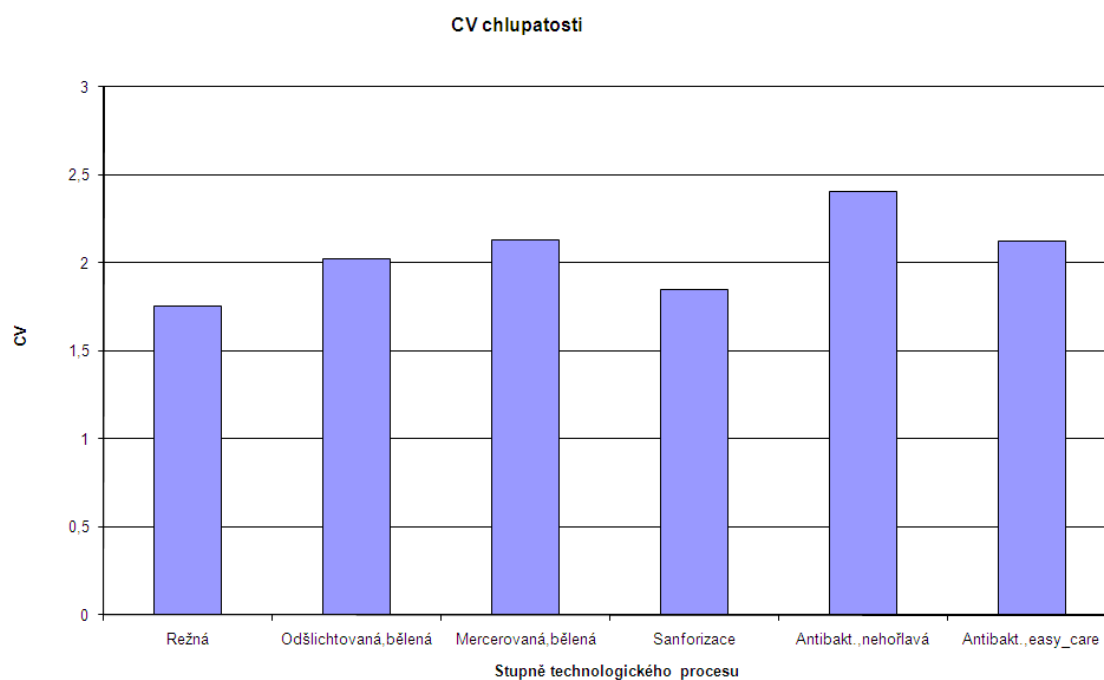
- Příloha 1 Grafické znázornění základních koncových charakteristik (směrodatná odchylka, CV) s ohledem na stupeň technologického procesu
- Příloha 2 Tabulky se základními charakteristikami chlupatosti pro osnovu
- Příloha 3 Tabulky se základními charakteristikami chlupatosti pro útek
- Příloha 4 Vstupní příkazy zadávané do jazyku Matlab
- Příloha 5 (CD) Grafické znázornění charakteristik získané z prostředí Matlab

Příloha 1

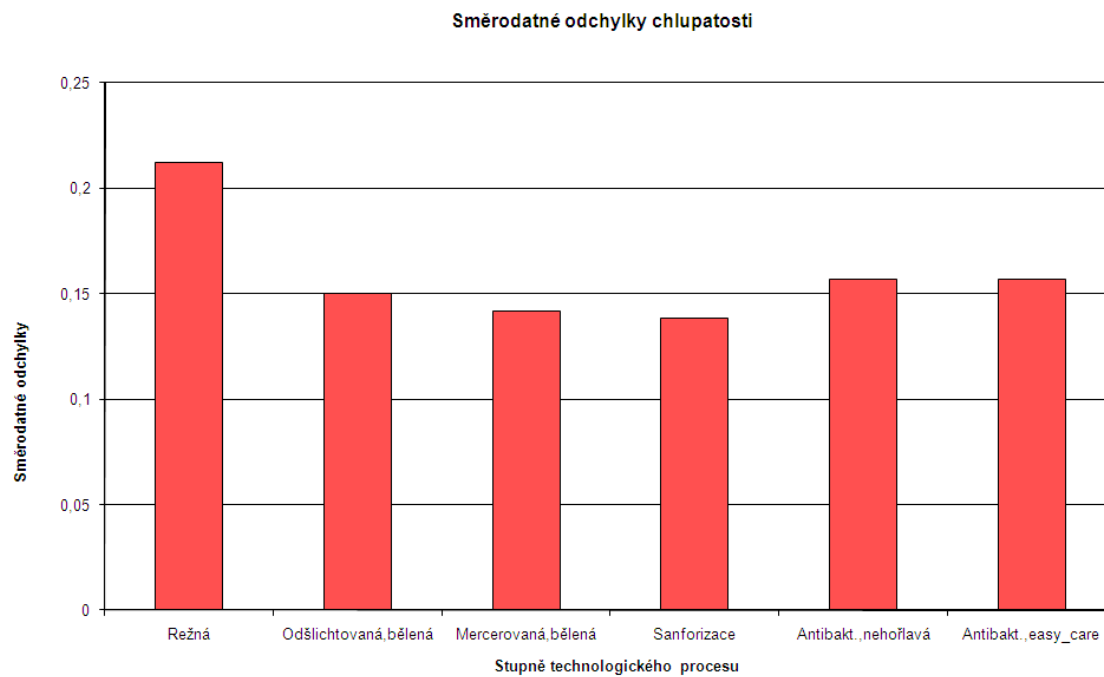
Grafické znázornění základních koncových
charakteristik (směrodatná odchylka, CV) s ohledem
na stupeň technologického procesu



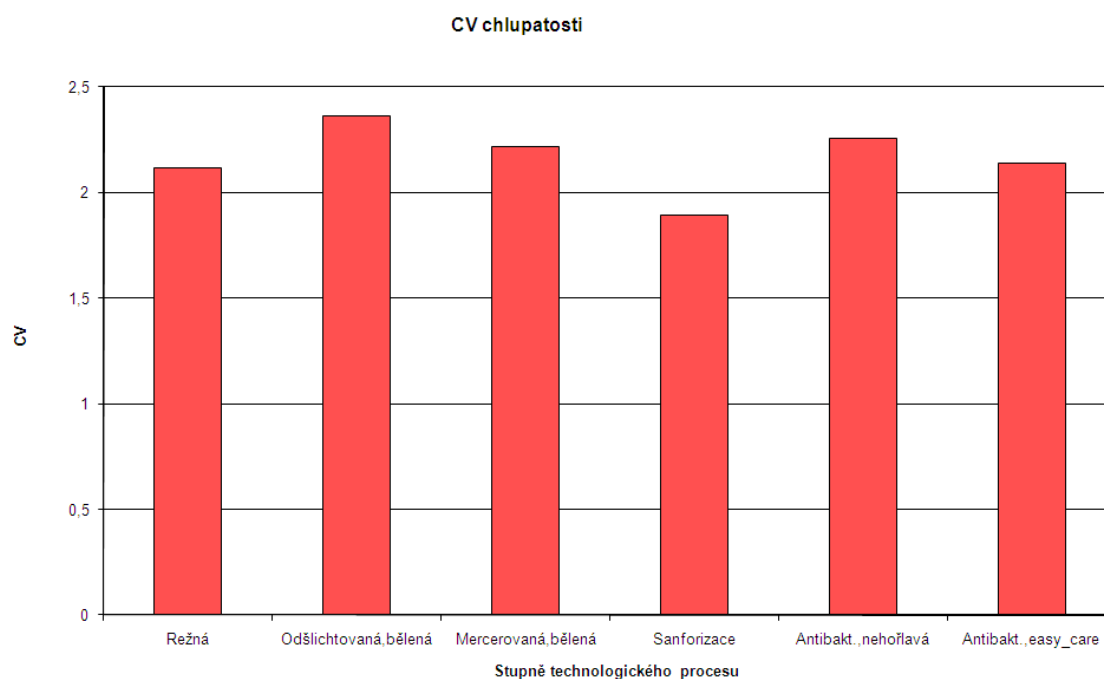
Obr. 1 Průměrné směrodatné odchylka osnovy



Obr. 2 Průměrné CV osnovy



Obr. 3 Průměrné směrodatné odchylka útku



Obr. 4 Průměrné CV útku

Příloha 2

Tabulky se základními charakteristikami
chlupatosti pro osnovu

Tabulka 1: Základní charakteristiky – tkanina rezná

Osnova						
Tkanina	Rezná					
Počet měření	1.měření	2.měření	3.měření	4.měření	5.měření	Průměr
Průměrná chlupatost	26,6691	32,1182	30,5506	19,6627	27,9606	27,3922
Směrodatná odchylka chlupatosti	0,3285	0,2071	0,1926	0,1275	0,2996	0,2311
CV chlupatosti	2,1491	1,4170	1,4366	1,8248	1,9577	1,7570
Roztyl ve směru X	0,1578	0,1211	0,1358	0,0225	0,1027	0,1080
Rozptyl ve směru X, Y	0,1707	0,0860	0,0568	0,1063	0,1969	0,1234
Rozptyl ve směru Y	0,0464	0,0148	0,0173	0,0231	0,0500	0,0303
Podélný rozptyl Y, Z	0,2821	0,1923	0,1754	0,1056	0,2496	0,2010
Index rozptylu	0,0123	0,0064	0,0063	0,0065	0,0107	0,0085
Index celkového rozptylu	0,0055	0,0034	0,0040	0,0011	0,0035	0,0035
Rovnoměrnost pod zvolenou hranicí	0,7918	0,7918	0,7918	0,7918	0,7918	0,7918
Rovnoměrnost nad zvolenou hranicí	1,2476	1,2476	1,2476	1,2476	1,2476	1,2476
vc/vm	0,2938	0,1224	0,1272	1,0290	0,4868	0,4119

Tabulka 2: Základní charakteristiky – tkanina odšlichtovaná, bělená

Tkanina	Odšlichtovaná, bělená					
Počet měření	1.měření	2.měření	3.měření	4.měření	5.měření	Průměr
Průměrná chlupatost	19,6751	22,3080	20,6641	19,4430	18,8997	20,1980
Směrodatná odchylka chlupatosti	0,1424	0,1604	0,2185	0,2181	0,1064	0,1691
CV chlupatosti	1,9181	1,7953	2,2619	2,4018	1,7255	2,0205
Roztyl ve směru X	0,1203	0,1011	0,2008	0,1369	0,0617	0,1242
Rozptyl ve směru X, Y	0,0221	0,0593	0,0176	0,0812	0,0446	0,0450
Rozptyl ve směru Y	0,0039	0,0393	0,0093	0,0341	0,0105	0,0194
Podélný rozptyl Y, Z	0,1386	0,1211	0,2092	0,1840	0,0958	0,1497
Index rozptylu	0,0072	0,0072	0,0106	0,0112	0,0056	0,0084
Index celkového rozptylu	0,0055	0,0042	0,0087	0,0065	0,0030	0,0056
Rovnoměrnost pod zvolenou hranicí	0,7918	0,7918	0,7918	0,7918	0,7918	0,7918
Rovnoměrnost nad zvolenou hranicí	1,2476	1,2476	1,2476	1,2476	1,2476	1,2476
vc/vm	0,0321	0,3882	0,0462	0,2491	0,1709	0,1773

Tabulka 3: Základní charakteristiky – tkanina odšlichtovaná, bělená, mercerovaná, bělená

Osnova						
Tkanina	Odšlichtovaná, bělená, mercerovaná, bělená					
Počet měření	1.měření	2.měření	3.měření	4.měření	5.měření	Průměr
Průměrná chlupatost	15,5278	15,4596	17,2695	17,3049	18,7742	16,8672
Směrodatná odchylka chlupatosti	0,1347	0,1274	0,1281	0,1307	0,1158	0,1274
CV chlupatosti	2,3640	2,3090	2,0727	2,0894	1,8127	2,1295
Rozptyl ve směru X	0,1116	0,0980	0,0961	0,1070	0,0916	0,1008
Rozptyl ve směru X, Y	0,0232	0,0294	0,0321	0,0238	0,0242	0,0265
Rozptyl ve směru Y	0,0083	0,0148	0,0105	0,0047	0,0055	0,0088
Podélný rozptyl Y, Z	0,1265	0,1126	0,1176	0,1261	0,1103	0,1186
Index rozptylu	0,0087	0,0082	0,0074	0,0076	0,0062	0,0076
Index celkového rozptylu	0,0065	0,0058	0,0050	0,0056	0,0044	0,0054
Rovnoměrnost pod zvolenou hranicí	0,7918	0,7918	0,7918	0,7918	0,7918	0,7918
Rovnoměrnost nad zvolenou hranicí	1,2476	1,2476	1,2476	1,2476	1,2476	1,2476
vc/vm	0,0741	0,1510	0,1096	0,0437	0,0602	0,0877

Tabulka 4: Základní charakteristiky – tkanina po sanforizaci

Osnova						
Tkanina	Sanforizace					
Počet měření	1.měření	2.měření	3.měření	4.měření	5.měření	Průměr
Průměrná chlupatost	17,9203	18,2734	18,7132	18,2926	19,3046	18,5008
Směrodatná odchylka chlupatosti	0,1328	0,1191	0,0927	0,0987	0,1440	0,1175
CV chlupatosti	2,0338	1,8886	1,6271	1,7170	1,9660	1,8465
Rozptyl ve směru X	0,1153	0,1051	0,0712	0,0706	0,1242	0,0973
Rozptyl ve směru X, Y	0,0175	0,0140	0,0215	0,0280	0,0198	0,0202
Rozptyl ve směru Y	0,0053	0,0014	0,0042	0,0134	0,0038	0,0056
Podélný rozptyl Y, Z	0,1275	0,1177	0,0885	0,0852	0,1403	0,1118
Index rozptylu	0,0074	0,0065	0,0050	0,0054	0,0075	0,0063
Index celkového rozptylu	0,0058	0,0052	0,0034	0,0035	0,0058	0,0047
Rovnoměrnost pod zvolenou hranicí	0,7918	0,7918	0,7918	0,7918	0,7918	0,7918
Rovnoměrnost nad zvolenou hranicí	1,2476	1,2476	1,2476	1,2476	1,2476	1,2476
vc/vm	0,0462	0,0136	0,0592	0,1898	0,0305	0,0678

Tabulka 5: Základní charakteristiky – tkanina antibakteriální, nehořlavá

Osnova						
Tkanina	Antibakteriální, nehořlavá					
Počet měření	1.měření	2.měření	3.měření	4.měření	5.měření	Průměr
Průměrná chlupatost	15,8786	16,7269	17,0613	20,4486	16,4704	17,3172
Směrodatná odchylka chlupatosti	0,2013	0,1725	0,1422	0,1672	0,1715	0,1709
CV chlupatosti	2,8254	2,4830	2,2099	1,9994	2,5146	2,4064
Roztyl ve směru X	0,1644	0,1409	0,1114	0,1409	0,1247	0,1365
Rozptyl ve směru X, Y	0,0368	0,0316	0,0308	0,0263	0,0469	0,0345
Rozptyl ve směru Y	0,0098	0,0079	0,0026	0,0071	0,0162	0,0087
Podélný rozptyl Y, Z	0,1914	0,1646	0,1396	0,1601	0,1553	0,1622
Index rozptylu	0,0127	0,0103	0,0083	0,0082	0,0104	0,0100
Index celkového rozptylu	0,0093	0,0076	0,0059	0,0062	0,0069	0,0072
Rovnoměrnost pod zvolenou hranicí	0,7918	0,7918	0,7918	0,7918	0,7918	0,7918
Rovnoměrnost nad zvolenou hranicí	1,2476	1,2476	1,2476	1,2476	1,2476	1,2476
vc/vm	0,0598	0,0560	0,0231	0,0501	0,1300	0,0638

Tabulka 6: Základní charakteristiky – tkanina antibakteriální, easy_care

Osnova						
Tkanina	Antibakteriální, easy_care					
Počet měření	1.měření	2.měření	3.měření	4.měření	5.měření	Průměr
Průměrná chlupatost	14,6065	18,7787	16,2791	18,2897	21,3146	17,8537
Směrodatná odchylka chlupatosti	0,1017	0,1585	0,1488	0,1355	0,1712	0,1431
CV chlupatosti	2,1833	2,1202	2,3696	2,0126	1,9410	2,1253
Roztyl ve směru X	0,0827	0,1284	0,1245	0,1133	0,1431	0,1184
Rozptyl ve směru X, Y	0,0190	0,0302	0,0243	0,0222	0,0281	0,0247
Rozptyl ve směru Y	0,0097	0,0084	0,0085	0,0106	0,0130	0,0101
Podélný rozptyl Y, Z	0,0970	0,1501	0,1403	0,1248	0,1582	0,1341
Index rozptylu	0,0070	0,0084	0,0091	0,0074	0,0080	0,0080
Index celkového rozptylu	0,0051	0,0062	0,0069	0,0056	0,0061	0,0060
Rovnoměrnost pod zvolenou hranicí	0,7918	0,7918	0,7918	0,7918	0,7918	0,7918
Rovnoměrnost nad zvolenou hranicí	1,2476	1,2476	1,2476	1,2476	1,2476	1,2476
vc/vm	0,0564	0,0657	0,0687	0,0939	0,0907	0,0751

Příloha 3

Tabulky se základními charakteristikami
chlupatosti pro útek

Tabulka 9: Základní charakteristiky – tkanina režná

Útek					
Tkanina	Režná				
Počet měření	1.měření	2.měření	3.měření	4.měření	Průměr
Průměrná chlupatost	21,2825	16,5444	22,6674	31,3239	22,9546
Směrodatná odchylka chlupatosti	0,2974	0,1908	0,2470	0,1145	0,2124
CV chlupatosti	2,5625	2,6401	2,1926	1,0800	2,1188
Roztyl ve směru X	0,2112	0,1036	0,1789	0,0668	0,1401
Rozptyl ve směru X, Y	0,0863	0,0872	0,0681	0,0476	0,0723
Rozptyl ve směru Y	0,0440	0,0204	0,0134	0,0070	0,0212
Podélný rozptyl Y, Z	0,2535	0,1704	0,2336	0,1075	0,1912
Index rozptylu	0,0140	0,0115	0,0109	0,0037	0,0100
Index celkového rozptylu	0,0091	0,0057	0,0071	0,0019	0,0060
Rovnoměrnost pod zvolenou hranicí	0,7918	0,7918	0,7918	0,7918	0,7918
Rovnoměrnost nad zvolenou hranicí	1,2476	1,2476	1,2476	1,2476	1,2476
vc/vm	0,2083	0,1970	0,0750	0,1046	0,1462

Tabulka 10: Základní charakteristiky – tkanina odšlichtovaná, bělená

Útek						
Tkanina	Odšlichtovaná, bělená					
Počet měření	1.měření	2.měření	3.měření	4.měření	5.měření	Průměr
Průměrná chlupatost	18,0954	14,0660	16,4976	17,6302	16,3052	16,5189
Směrodatná odchylka chlupatosti	0,1049	0,1606	0,1741	0,1418	0,1684	0,1500
CV chlupatosti	1,7902	2,8492	2,5292	2,1356	2,5170	2,3642
Roztyl ve směru X	0,0778	0,1256	0,1523	0,1164	0,1210	0,1186
Rozptyl ve směru X, Y	0,0271	0,0350	0,0218	0,0253	0,0474	0,0313
Rozptyl ve směru Y	0,0063	0,0049	0,0108	0,0036	0,0176	0,0086
Podélný rozptyl Y, Z	0,0986	0,1557	0,1633	0,1381	0,1508	0,1413
Index rozptylu	0,0058	0,0114	0,0106	0,0088	0,0103	0,0094
Index celkového rozptylu	0,0039	0,0080	0,0083	0,0059	0,0068	0,0066
Rovnoměrnost pod zvolenou hranicí	0,7918	0,7918	0,7918	0,7918	0,7918	0,7918
Rovnoměrnost nad zvolenou hranicí	1,2476	1,2476	1,2476	1,2476	1,2476	1,2476
vc/vm	0,0811	0,0393	0,0708	0,0310	0,1454	0,0735

Tabulka 11: Základní charakteristiky – tkanina odšlichtovaná, bělená, mercerovaná, bělená

Tkanina	Odšlichtovaná, bělená, mercerovaná, bělená					
Počet měření	1.měření	2.měření	3.měření	4.měření	5.měření	Průměr
Průměrná chlupatost	14,4455	17,6479	19,2380	15,8871	19,0095	17,2456
Směrodatná odchylka chlupatosti	0,1990	0,1196	0,1493	0,1274	0,1144	0,1419
CV chlupatosti	3,0883	1,9596	2,0087	2,2464	1,7793	2,2164
Roztyl ve směru X	0,1724	0,0990	0,1346	0,0983	0,0964	0,1201
Rozptyl ve směru X, Y	0,0266	0,0206	0,0147	0,0291	0,0180	0,0218
Rozptyl ve směru Y	0,0143	0,0021	0,0052	0,0075	0,0039	0,0066
Podélný rozptyl Y, Z	0,1847	0,1175	0,1441	0,1199	0,1105	0,1353
Index rozptylu	0,0138	0,0068	0,0078	0,0080	0,0060	0,0085
Index celkového rozptylu	0,0108	0,0050	0,0063	0,0056	0,0046	0,0064
Rovnoměrnost pod zvolenou hranicí	0,7918	0,7918	0,7918	0,7918	0,7918	0,7918
Rovnoměrnost nad zvolenou hranicí	1,2476	1,2476	1,2476	1,2476	1,2476	1,2476
vc/vm	0,0831	0,0214	0,0388	0,0761	0,0408	0,0521

Tabulka 12: Základní charakteristiky – tkanina po sanforizaci

Útek						
Tkanina	Sanforizace					
Počet měření	1.měření	2.měření	3.měření	4.měření	5.měření	Průměr
Průměrná chlupatost	16,8366	20,7717	21,3816	18,7587	20,3998	19,6297
Směrodatná odchylka chlupatosti	0,1163	0,1633	0,1567	0,1209	0,1336	0,1382
CV chlupatosti	2,0252	1,9456	1,8516	1,8536	1,7918	1,8936
Roztyl ve směru X	0,0956	0,1229	0,1291	0,1080	0,1240	0,1159
Rozptyl ve směru X, Y	0,0207	0,0404	0,0277	0,0129	0,0096	0,0223
Rozptyl ve směru Y	0,0043	0,0095	0,0068	0,0040	0,0033	0,0056
Podélný rozptyl Y, Z	0,1120	0,1538	0,1499	0,1169	0,1303	0,1326
Index rozptylu	0,0069	0,0079	0,0073	0,0064	0,0065	0,0070
Index celkového rozptylu	0,0051	0,0053	0,0054	0,0052	0,0055	0,0053
Rovnoměrnost pod zvolenou hranicí	0,7918	0,7918	0,7918	0,7918	0,7918	0,7918
Rovnoměrnost nad zvolenou hranicí	1,2476	1,2476	1,2476	1,2476	1,2476	1,2476
vc/vm	0,0449	0,0772	0,0530	0,0374	0,0264	0,0478

Tabulka 13: Základní charakteristiky – tkanina antibakteriální, nehořlavá

Útek						
Tkanina	Antibakteriální, nehořlavá					
Počet měření	1.měření	2.měření	3.měření	4.měření	5.měření	Průměr
Průměrná chlupatost	17,7623	16,3659	19,5827	17,3230	16,6911	17,5450
Směrodatná odchylka chlupatosti	0,1482	0,1551	0,1833	0,1085	0,1897	0,1570
CV chlupatosti	2,1676	2,4061	2,1861	1,9013	2,6095	2,2541
Rozptyl ve směru X	0,1210	0,1276	0,1546	0,0720	0,1469	0,1244
Rozptyl ve směru X, Y	0,0273	0,0274	0,0286	0,0364	0,0428	0,0325
Rozptyl ve směru Y	0,0086	0,0107	0,0090	0,0094	0,0077	0,0091
Podélný rozptyl Y, Z	0,1396	0,1443	0,1743	0,0991	0,1820	0,1479
Index rozptylu	0,0083	0,0095	0,0094	0,0063	0,0114	0,0090
Index celkového rozptylu	0,0061	0,0070	0,0071	0,0038	0,0079	0,0064
Rovnoměrnost pod zvolenou hranicí	0,7918	0,7918	0,7918	0,7918	0,7918	0,7918
Rovnoměrnost nad zvolenou hranicí	1,2476	1,2476	1,2476	1,2476	1,2476	1,2476
vc/vm	0,0710	0,0839	0,0579	0,1300	0,0522	0,0790

Tabulka 14: Základní charakteristiky – tkanina antibakteriální, easy_care

Útek						
Tkanina	Antibakteriální, easy_care					
Počet měření	1.měření	2.měření	3.měření	4.měření	5.měření	Průměr
Průměrná chlupatost	19,4292	16,2913	14,3876	19,3279	16,1460	17,1164
Směrodatná odchylka chlupatosti	0,1880	0,1511	0,1256	0,1749	0,1435	0,1566
CV chlupatosti	2,2318	2,3856	2,4632	2,1635	2,3462	2,3181
Rozptyl ve směru X	0,1588	0,1159	0,1008	0,1468	0,1078	0,1260
Rozptyl ve směru X, Y	0,0292	0,0352	0,0248	0,0280	0,0358	0,0306
Rozptyl ve směru Y	0,0083	0,0078	0,0057	0,0080	0,0022	0,0064
Podélný rozptyl Y, Z	0,1798	0,1432	0,1199	0,1668	0,1383	0,1496
Index rozptylu	0,0097	0,0093	0,0087	0,0090	0,0089	0,0091
Index celkového rozptylu	0,0074	0,0064	0,0063	0,0068	0,0060	0,0066
Rovnoměrnost pod zvolenou hranicí	0,7918	0,7918	0,7918	0,7918	0,7918	0,7918
Rovnoměrnost nad zvolenou hranicí	1,2476	1,2476	1,2476	1,2476	1,2476	1,2476
vc/vm	0,0521	0,0068	0,0568	0,0547	0,0479	0,0437

Příloha 4

Vstupní příkazy zadávané do jazyku Matlab

```

close all; clc; clear all; clear;
lag1 = 100;
pom=[]; Iup=[]; Matice=[];Chlupy=[];Chlupy1=[]; pobr=1;

dialog ={'cesta','pocet obr','nazev_A','nazev_B','typ','kalibrace
lpxl=?mm', 'krok mm'};

    dialog_title = 'chlupatost tkaniny kalibrace ';
    num_lines = 1;
    def = {'D:\t\','50','a_','b_','.jpg','0.006676','0.08'};
    ans = inputdlg(dialog,dialog_title,num_lines,def);
    cesta = char(ans(1));
    pocetobr = str2num(char(ans(2)));
    nazev1=char(ans(3));
    nazev2=char(ans(4));
    typ = char(ans(5));
    kalibrace = str2num(char(ans(6)));
    krok = str2num(char(ans(6)));
cd(cesta)
for iii=1:pocetobr;
h=waitbar(iii/pocetobr);
    name2=num2str(iii);
%TKANINA
    Iinput_A=imread([nazev1 name2 typ]);%figure;
    [r c ch]=size(Iinput_A);
if ch>1;
Igl_A=rgb2gray(Iinput_A);
        else Igl_A=Iinput_A;
        end
        treshlevel_A=graythresh(Igl_A);
        Ibinary_A = im2bw(Igl_A,treshlevel_A
        [re se]=size(Ibinary_A);
%LINIE POVRCHU
        Iinput_B=imread([nazev2 name2 typ]);
        [r c ch]=size(Iinput_B);
if ch>1;
            Igl_B=rgb2gray(Iinput_B);
else Igl_B=Iinput_B;
        end
        treshlevel_B=graythresh(Igl_B);
        Ibinary_B = im2bw(Igl_B,treshlevel_B);
        Ilinie= bwlabel(Ibinary_B,8);
        RGB = label2rgb(Ilinie);
        for i=1:max(max(Ilinie))
            R=length(find(Ilinie==i));
        end
        pom=[pom;i R];
        pom1=find(max(pom(:,2)) );

        for ii=1:se
            linie_y= find(Ilinie(:,ii)==pom1,1, 'last');
            Im= Ibinary_A(linie_y:-1:1,ii);
            le=length(Im);
            Im(le+1:re)=0;
            Matice=[Matice,Im];
            linie_y=[];
        end

```

```

%KRITERIA
    chlupy=sum(Matice); % počet jedniček ve sloupcích
    chlupy1=sum(sum(Matice)); % celkový počet jedniček v obr

Chlupy=[Chlupy; chlupy]; %počet jedniček ve sloupcích v řácích pro
jednotlivé obr
Chlupy1=[Chlupy1; chlupy1];% celkový počet jedniček v obrázcích

    pom=[];
    Matice=[];
    close(h);
end
Chlupy_p=Chlupy./(pocetobr*krok*se*kalibrace);
Chlupy_p1=Chlupy.*(kalibrace*kalibrace);
Mass = Chlupy_p1;
[rr ss]=size(Mass);

pode = floor(ss/lag1);
for i=1:rr
    cc=0;
    for j=1:lag1:ss-lag1-1
        xii=0;sii=0;nii=0;
        for js=j:j+lag1-1;
            xii=xii+Mass(i,js);
        end
        cc=cc+1;
        mass(i,cc)=xii;
    end
end

mass=mass./(0.1*lag1*kalibrace);mch=max(mass(:));c1=1;xc=mean(mass(:))
;vac=var(mass(:));warning off
    xs=mean(mass);xr=mean(mass');sr=std(mass');cvr=sr./xr;
    vas=var(xs);varr=var(xr);vss=vac-vas;vsr=vac-varr;
    id=vac/xc;mu=chi2inv(.025,rr)/(rr-1);mc=chi2inv(.97525,rr)/(rr-1);
    idov= ((rr*varr+ss*vas)/(rr+ss))/xc;

    figure(pobr);pobr=pobr+1;surf(mass);title('local hairiness');
    figure(pobr);pobr=pobr+1;contour(mass);title('local hairiness');

fprintf(1,'*****.\n'); %prumerne hodnoty
charakteristik
    fprintf('Basic Results \n');
    fprintf('mean hairiness = %g.\n', xc);
    fprintf('variance hairiness = %g.\n', vac);
    fprintf('var coef hairiness = %g.\n', 100*sqrt(vac)/xc);
    fprintf('variance machine = %g.\n', vas);
    fprintf('variance transversal = %g.\n', vss);
    fprintf('variance cross = %g.\n', varr);
    fprintf('variance longitudinal = %g.\n', vsr);
    fprintf('dispersion index = %g.\n', id);
    fprintf('overall dispersion index = %g.\n', idov);
    fprintf('uniform below: %g.\n', mu);
    fprintf('clumped above: %g.\n', mc);
    fprintf('vc/vm = %g.\n', varr/vas);
    f=max(varr/vas,vas/varr);fa=finv(.975,ss-1,rr-1);
    if f>fa; fprintf('high anisotropy \n');
    else fprintf('isotropy \n');
    end
    fprintf(1,'-----.\n');

```

```

figure(pobr);pobr=pobr+1;maio=length(xr);pool=[1:maio];pool1=pool./pool;
plot(xr,'o');hold on;plot(pool,pool1.*mean(xr),'r');hold off;
title('hairiness in profiles');ylabel('mean
hairiness');xlabel('profile L [-]');set(gca,'XLim',[0 maio+1]);
figure(pobr);pobr=pobr+1;
plot(cvr,'o');hold on;plot(pool,pool1.*mean(cvr),'r');hold off;
title('CV hairiness in profiles');ylabel('CV
hairiness');xlabel('profile L [-]');set(gca,'XLim',[0 maio+1]);
[r s]=size(mass);mr=min(r,s);for lag=2:mr-3
    for i=1:lag:r-lag-1;for j=1:lag:s-lag-1
        xii=0;sii=0;nii=0;
        for is=i:i+lag-1;
            for js=j:j+lag-1;
                xii=xii+mass(is,js);sii=sii+mass(is,js)^2;nii=nii+1;
            end
        end
    end
xp(c1,lag-1)=xii/nii;
sp(c1,lag-1)=sqrt((sii-nii*xp(c1,lag-1)^2)/(nii-1));
varp(c1,lag-1)=sp(c1,lag-1)/xp(c1,lag-1);c1=c1+1;
end
end
xpr(lag-1)=mean(xp(:,lag-1));spr(lag-1)=mean(sp(:,lag-1));varpr(lag-1)=mean(varp(:,lag-1));c1=1;
end
figure(pobr);pobr=pobr+1;plot(xpr,'r-');title('local mean of hairiness ratio');
figure(pobr);pobr=pobr+1;plot(spr,'r-');title('local stand deviation of hairiness ratio');
figure(pobr);pobr=pobr+1;plot(varpr,'r-');title('local CV of hairiness ratio');
figure(pobr);pobr=pobr+1;xp11=xp(:);cc=sum(xp11>0);csi=size(mass,1);sp11=sp(:);cc1=sum(sp11>0);
plot(1:cc,xp11(xp11>0),'r-',1:cc,xc.*(ones(1,cc)),'b-');title('window local means');
figure(pobr);pobr=pobr+1;plot(1:cc1,sp11(sp11>0),'r-',1:cc1,sqrt(vac).*(ones(1,cc1)),'b-');title('window local variances');
ap=mass;ac=sort(ap(:));n1=length(ac);
eprob = [1./(n1+1):1./(n1+1):n1./(n1+1)];
np=.25;
pom=(eprob>np);np1=sum(pom);in=n1-np1;
tol=ac(in)+(ac(in+1)-ac(in))*(np-eprob(in));
ar=(ap>tol);arr=ap.*ar;
subplot(2,2,1);contourf(arr);colorbar;title(' cut level .25');
np=.5;
pom=(eprob>np);np1=sum(pom);in=n1-np1;
tol=ac(in)+(ac(in+1)-ac(in))*(np-eprob(in));
ar=(ap>tol);arr=ap.*ar;
subplot(2,2,2);contourf(arr);colorbar;title(' cut level .5');
np=.75;
pom=(eprob>np);np1=sum(pom);in=n1-np1;
tol=ac(in)+(ac(in+1)-ac(in))*(np-eprob(in));
ar=(ap>tol);arr=ap.*ar;
subplot(2,2,3);contourf(arr);colorbar;title(' cut level .75');
np=.9;
pom=(eprob>np);np1=sum(pom);in=n1-np1;
tol=ac(in)+(ac(in+1)-ac(in))*(np-eprob(in));
ar=(ap>tol);arr=ap.*ar;
subplot(2,2,4);contourf(arr);colorbar;title(' cut level .90');

```